

**VAASAN YLIOPISTO**

**KAUPPATIETEELLINEN TIEDEKUNTA**

**LASKENTATOIMEN JA RAHOITUKSEN LAITOS**

Ville Mikkola

**IMPLISIITTISEN VOLATILITEETIN MUUTOKSEN VAIKUTUS OSAK-  
KEIDEN JA JOUKKOVELKAKIRJOJEN TUOTTOJEN VÄLISEEN KORRE-  
LAATIOON**

Laskentatoimen ja rahoituksen  
Pro gradu -tutkielma  
Rahoituksen linja

**VAASA 2010**

<b>SISÄLLYSLUETTELO</b>	<b>sivu</b>
<b>TIIVISTELMÄ</b>	<b>5</b>
<b>1. JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Tutkimusongelma ja lähestymistapa	8
1.2 Tutkielman rakenne	11
<b>2. OSAKKEIDEN JA VELKAKIRJOJEN KESKEISET OMINAISUUDET</b>	<b>12</b>
2.1 Joukkovelkakirja	12
2.1.1 Joukkovelkakirjan tuoton määräytyminen	13
2.1.2 Joukkovelkakirjojen riskisyys	14
2.2 Osake	15
2.2.1 Osakkeen tuoton määräytyminen	15
2.2.2 Osakkeen riskisyys	16
2.3 Yhteenveto osakkeiden ja velkakirjojen riskeistä	18
2.4 Tuottojen satunnaiskulku	18
<b>3. ARVOPAPEREIDEN YHTEISVAIHTELU</b>	<b>20</b>
3.1 Kahdesta arvopaperista muodostettu portfolio	20
3.1.1 Portfolion riski	21
3.1.2 Kovarianssi ja korrelaatio	22
3.2 Aikaisemmat tutkimukset	24
<b>4. VOLATILITEETTI TUOTTOJEN ENNUSTAJANA</b>	<b>29</b>
4.1 Volatiliteetti käsitteenä	29
4.1.1 Historiallinen volatiliteetti	29
4.1.2 Implisiittinen volatiliteetti	31
4.2 Tutkimuksia aiheesta	34
<b>5. AINEISTO</b>	<b>39</b>
5.1 Tutkielmassa käytettävät sijoitushyödykkeet	39
5.2 Aineiston käsittely ja tilastolliset ominaisuudet	40
<b>6. MENETELMÄT JA TUTKIMUSTULOKSET</b>	<b>50</b>
6.1 Osakkeiden ja velkakirjojen päivätuottojen ennustettavuus	50



6.2 Korrelaatioiden muutoksen arviointi historiallisista tuotoista	51
6.3 Implisiittinen volatilitiitti velkakirjojen tuottojen selittäjänä	56
6.4 Implisiittisen volatilitiitin prosentuaalisen muutoksen vaikutus osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen väliseen korrelaatioon.	60
<b>7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>67</b>
<b>LÄHDELUETTELO</b>	<b>71</b>



---

**VAASAN YLIOPISTO**
**Kauppätieteellinen tiedekunta**

<b>Tekijä:</b>	<b>Ville Mikkola</b>
<b>Tutkielman nimi:</b>	<b>Implisiittisen volatilititeetin muutoksen vaikutus osakkeiden ja joukkovelkakirjojen tuottojen väliseen korrelaatioon</b>
<b>Ohjaaja:</b>	<b>Timo Rothovius</b>
<b>Tutkinto:</b>	<b>Kauppätieteiden maisteri</b>
<b>Laitos:</b>	<b>Laskentatoimen ja rahoituksen laitos</b>
<b>Oppiaine:</b>	<b>Laskentatoimi ja rahoitus</b>
<b>Linja:</b>	<b>Rahoituksen linja</b>
<b>Aloituvuosi:</b>	<b>2006</b>
<b>Valmistumisvuosi:</b>	<b>2010</b>
	<b>Sivumäärä: 77</b>

**TIIVISTELMÄ**

Tutkielman tarkoituksena on selvittää, pystytäänkö implisiittisen volatilititeetin (IV) muutoksia seuraamalla ennakoimaan osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välistä korrelaatiota. IV:n tiedetään heijastavan osakemarkkinoiden epävarmuutta, mutta vaikutusta velkakirjoihin on tutkittu vähemmän. Implisiittinen volatilititeetti jaetaan muutoksen tason ja prosentuaalisen muutoksen mukaan eri luokkiin. Tämän jälkeen selvitetään, miten korrelaatiot osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välillä käyttäytyvät.

Teoriassa käydään läpi osakkeiden ja velkakirjojen tuottoihin vaikuttavat tekijät ja riskit. Portfolioteorian avulla kuvataan hyötyä, jonka sijoitusten hajauttaminen tarjoaa. Aikaisempiin tutkimuksiin perustuen perustellaan, miksi hajauttamien kahden eri arvopaperiluokkaan on järkevää. Aineisto on kerätty Saksan arvopaperimarkkinoilta vuosilta 1999–2010. Mukana on myös Suomen valtion velkakirja arvopaperimarkkinoiden integroitumisen tarkastelua varten.

Tulokset osoittavat, että IV:n tason tai prosentuaalisen muutoksen kasvaessa osakkeiden ja velkakirjojen välinen negatiivinen korrelaatio kasvaa pääsääntöisesti. Tämä puoltaa ideaa, että osakemarkkinoiden epävarmuuden kasvaessa, velkakirjat toimivat hyvin suojaavana hyödykkeenä portfoliossa. IV ei kuitenkaan erottele informaation syytä, mikä johtaa siihen, että pelkästään IV:n muutoksen seuraaminen, voi johtaa väärin ratkaisuihin. Erityisesti korkotason nousuihin liittyvä informaatio nostaa IV:a, mutta laskee erityisesti velkakirjojen tuottoja. Lisäksi korrelaatioon laskemiseen käytetty menetelmä saattaa antaa harhaisen kuvan korrelaation arvosta. Korrelaation tasoa ja sen nousuja ja lasuja pystytään kuitenkin ennakoimaan.

---

**AVAINSANAT:** Implisiittinen volatilititeetti, korrelaatio, tuotto, riski



## 1. JOHDANTO

Sijoittajat pitävät eri arvopapereita sijoitussalkussaan vähentääkseen riskiä hävitä rahaa. Kun taloutta koettelee lama, tarvitaan hajautuksesta saatavaa hyötyä kaikista eniten. Osakemarkkinoilla on havaittu hajauttamisesta saatavan hyödyn vähenemistä laskusuhdanteen aikana. Ilmiön on havaittu tarttuvan osakemarkkinoilta toisille ympäri maailmaa. Osakemarkkinoiden romahdus saattaa aiheuttaa merkittävää sijoitussalkun eli portfolion arvon alenemista. Lokakuun 1987 romahdus laski osakkeiden hintoja lähes 20 prosenttia suurimmassa osassa kehittyneitä maita. Aasian osakemarkkinat puolestaan menettivät yli 30 prosenttia lokakuussa 1997 Aasian talouskriisin aikaan. (Makrawat, Kole & Djik 2009: 1996.) Toisaalta on olemassa arvopapereita, joiden hintojen on havaittu nousevan kriisin aikana – joukkovelkakirjalainat. Tällä on pystytty kompensoimaan menetettyjä tuottoja osakemarkkinoilta. (Baur & Lucey: 2009: 339–340.)

Yksi arvopaperisijoittamisen keskeisemmistä kysymyksistä on päätös eri arvopaperiluokkien painotuksista portfoliossa. Portfolioita voidaan rakentaa niin monella tapaa kuin on mielipiteitäkin asioista. Rahoitusteoria antaa kuitenkin rationaalista tukea päätöksenteon pohjaksi. Markowizin (1952) kehittämä portfolioteoria on osa rahoitusteoriaa. Teorialla pyritään vastaamaan kysymykseen, mihin pääoma tulisi sijoittaa, jotta sijoitukselle saataisiin mahdollisimman hyvä tuotto-riski-suhde.

Osakkeiden ja joukkovelkakirjalainojen tuottojen välisellä yhteisvaihtelulla eli korrelaatiolla on merkittävä vaikutus riskien hallitsemiseen sijoittamisessa. Suurin osa sijoituspäätöksistä sisältää kompromisseja tulevaisuuden epävarmuuden eli riskin ja tuottojen kesken. Keskihajonta eli volatiliteetti ja arvopapereiden korrelaatiot eli yhteisvaihtelut ovat usein suurimmat riskitekijät. (Capiello, Engle & Shepard 2006: 538.) Osakkeiden ja joukkovelkakirjalainojen tuottojen välinen riippuvuussuhde vaikuttaa suoraan sijoitusten hajautuksen suunnitteluun, toteutukseen ja portfolion hallinnoimiseen. Ottamalla huomioon osakkeiden ja joukkovelkakirjojen ajassa vaihteleva korrelaatio, kyetään parantamaan sijoitusstrategioita, jotka olettavat kahden edellä mainitun arvopaperin välisen riippuvuussuhteen olevan olemassa. (Andersson, Krylova & Vähämaa 2008: 139.) Sijoitushyödykkeiden välinen korrelaatio on portfolioteorian tärkein ominaisuus (Elton, Gruber, Brown & Goetzmann 2003).



Kiinnostus tulevaisuuden tuottojen ennustamiseen on suuri. Implisiittinen volatilitiitti on optioiden markkinahinnoista laskettu volatilitiitti, joka kuvaa optiomarkkinoiden epävarmuusoletuksia. Toisin sanottuna se on optiomarkkinoiden ennuste osakkeiden tulevasta volatilitiitista. Käyttämällä implisiittistä volatilitiittia tulevaisuuden ennustamiseen on havaittu, että osakemarkkinoiden kasvavalla epävarmuudella ja osakkeiden ja joukkovelkakirjojen tuottojen välisellä korrelaatiolla on negatiivinen yhteys. (Connolly, Stivers & Sun 2005.)

### 1.1 Tutkimusongelma ja lähestymistapa

Sijoittamisen yksi tärkeimpiä kysymyksiä on riskin määrä ja sen hallinta. Sijoittajat ovat kiinnostuneita kaikesta siitä, millä riskiä voidaan hallita. Tässä tutkielmassa perehdytään kahden eri arvopaperin, osakkeen ja joukkovelkakirjan, väliseen suhteeseen. Pohjautuen aikaisempiin tutkimuksiin on havaittu, että nämä kaksi eri arvopaperiluokkaa toimivat usein toistensa riskeiltä suojautumiseen. Tutkielmassa on tarkoitus ottaa implisiittinen volatilitiitti mukaan tarkasteltaessa edellä mainittujen arvopapereiden käyttäytymistä.

Tarkoitus on selvittää, voidaanko osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välisen korrelaation arvioimisessa hyödyntää osakemarkkinoiden epävarmuutta kuvaavaa mittaria – implisiittistä volatilitiittia. Osakkeiden ja velkakirjojen oletetaan noudattavan satunnaiskulkua, mikä tarkoittaa, että edellisen päivän tuottoilla ei pystytä ennustamaan seuraavan päivän tuottoja. Pohjautuen oletukseen tuottojen satunnaiskulusta, tarkoitus on selvittää pystytäänkö implisiittisellä volatilitiitillä, joka on tuottoihin perustumaton mittari ja kuvastaa osakemarkkinoiden epävarmuutta, ennakoimaan osakkeiden ja velkakirjojen yhteisvaihtelua. Tutkielman empiriaosassa hyödynnetään pitkälti Connolly ym. (2005) käyttämiä menetelmiä.

Ensimmäistä ongelmaa on tarkoitus selvittää laskemalla ensin kuukauden liukuvat korrelaatiot osakkeiden ja velkakirjojen välille. Kuukausi on valittu havaintojaksoksi, koska käytettävä implisiittinen volatilitiitti on laskettu aina kuukaudeksi eteenpäin. Kirjallisuuteen pohjautuen on havaittu, että osakemarkkinoiden epävarmuus heijastuu osakkeiden ja velkakirjojen välisessä korrelaatioissa siten, että positiivinen korrelaatio pienenee, muuttuu positiivisesta negatiiviseksi tai negatiivisen korrelaation arvo kasvaa. Ensin on tarkoitus kat-

soa, miten osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen yhteisliikkeet muuttuvat implisiittisen volatiliteetin arvon kasvaessa. Trendi korrelaation muutoksissa pystytään havaitsemaan menneistä osakkeiden ja velkakirjojen päivätuotoista. Connolly ym. (2005) sekä Andersson ym. (2008) havaitsivat, että osakkeiden ja velkakirjojen välinen korrelaatio pienenee tai muuttuu jopa negatiiviseksi, kun implisiittisen volatiliteetin taso kasvaa. Pohjautuen näihin tutkimukseen ja siihen, että tutkielman havaintoaineiston keskimääräinen korrelaatio osakkeiden ja velkakirjojen välillä on negatiivinen, on hypoteesi seuraava:

H1: Implisiittisen volatiliteetin tason kasvaessa, osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio kasvaa.

Tämän jälkeen on tarkoitus tarkastella ensimmäistä ongelmaa ennustettavuuden näkökulmasta. Lähtökohtana on pohjautuen aiempiin tutkimuksiin esim. Fleming, Ostdiek & Whaley (1995), että osakkeiden tuotoilla ja implisiittisellä volatiliteetilla on negatiivinen yhteys. Implisiittisen volatiliteetin muutoksen vaikutusta velkakirjojen tuottoihin ei ole paljon tutkittu. Osakemarkkinoilla vallitsevan epävarmuuden oletetaan vaikuttavan ensin osakkeiden arvoon ja vasta tämän jälkeen mahdollisesti velkakirjojen arvoon. Tarkoituksena on selvittää, miten implisiittisen volatiliteetin arvo ajanhetkellä  $t-1$  heijastuu osakkeiden tuottoihin ajanhetkellä  $t$  ja selittääkö nämä yhdessä velkakirjojen tuottojen liikkeitä ajanhetkellä  $t$ .

Tutkielman tarkoitus on tutkia, miten osakemarkkinoiden epävarmuus vaikuttaa osakkeiden ja velkakirjojen tuottoihin. Tästä syystä keskitytään informaatioon, jonka osakkeet velkakirjat ja implisiittinen volatiliteetti tarjoavat. Pois tilastollisista testeistä jätetään esimerkiksi korko ja inflaatio, joiden tiedetään vaikuttavan vahvasti erityisesti velkakirjojen tuottoihin. Osakkeiden ja velkakirjojen tuotot ovat molemmat endogeenisia muuttujia taloudessa ja useat samat tekijät vaikuttavat molempiin. Tarkoitus ei ole tutkia asiaa talouden rakenteellisesta näkökulmasta ja selvittää kansantaloudellisia syy-seuraus suhteita. Tarkoitus on tarkastella tilastollista yhteyttä tuottojen yhteisliikkeissä. Koska velkakirjojen hintoihin vaikuttaa voimakkaasti muun muassa korko ja inflaatio, joita ei tämän tutkimusongelman ratkaisemiseksi käytettävässä regressiomallissa huomioida, on hypoteesi seuraava:

H2: Osakemarkkinoiden epävarmuutta kuvaava mittari, ei selitä velkakirjojen tuottoja päivän viiveellä.

Hypoteesin mittari koostuu implisiittisen volatiliteetin arvosta ajanhetkellä  $t-1$  ja osakkeiden tuotoista ajanhetkellä  $t$ .

Korkoa ja inflaatiota ei jätetä kuitenkaan kokonaan tutkielmassa käsittelemättä. Ne huomioidaan tutkielman teoriaosuudessa sekä tulosten analysoinnissa.

Ensimmäisessä ongelmassa tarkastellaan siis implisiittisen volatiliteetin tason muutoksen vaikutusta osakkeiden ja velkakirjojen korrelaatioon käyttäen hyväksi historiallisia tuottoja. Toisin sanottuna tarkastellaan, onko implisiittisen volatiliteetin seuraamisesta hyötyä ennakoitaessa osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välistä yhteisvaihtelua.

Toisena ongelmana on tarkoitus selvittää, miten implisiittisen volatiliteetin prosentuaalisen muutoksen kasvu ja lasku vaikuttaa osakkeiden ja velkakirjojen väliseen korrelaatioon. Esimerkiksi tutkielmassa käytettävässä aineistossa, implisiittinen volatiliteetti vaihteli yli 14 prosenttia 50 päivänä, yli 10 prosenttia 157 päivänä ja yli 5 prosenttia 746 päivänä. Hypoteesi perustuu Connolly ym. (2005) tuloksiin: osakemarkkinoiden epävarmuuden kasvaessa velkakirjat toimivat hyvinä suojaavina sijoitusinstrumentteina portfoliossa. Lisäksi hypoteesi perustuu Kim, Moshirian ja Wu (2006) tuloksiin, jotka havaitsivat pysyvämpää negatiivista korrelaatiota osakkeiden ja velkakirjojen välillä euroalueella. Näiden pohjalta hypoteesit ongelmalle ovat seuraavat:

H3: Osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio kasvaa, implisiittisen volatiliteetin prosentuaalisen muutoksen kasvaessa.

ja

H4: Osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio pienenee, implisiittisen volatiliteetin prosentuaalisen muutoksen laskiessa.

Tutkimus tehdään päivittäisillä havainnoilla vuosilta 4.1.1999–8.3.2010. Osakeindeksinä käytetään Saksan DAX 30 osakeindeksiä. Implisiittisenä volatiliteettina käytetään VDAX-NEW VOLATILITY -indeksiä. Joukkovelkakirjoina käy-

tään Saksan ja Suomen valtioiden kymmenen vuoden joukkovelkakirjoja. Lisäksi mukana on RDAX -indeksi, joka koostuu DAX 30 yritysten velkakirjoista.

## 1.2 Tutkielman rakenne

Tutkielma jatkuu tästä eteenpäin siten, että luvussa kaksi käsitellään osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen muodostumista ja tuottojen ennustettavuutta. Lisäksi käsitellään näihin kahteen arvopaperiin liittyviä riskejä. Luvussa kolme käsitellään arvopapereiden yhteisvaihtelua. Ensin käydään läpi Markowitzin (1952) kehittämän portfolioteorian kautta, miten sijoitusten hajauttaminen saa aikaan paremman tuotto-riskisuhteen suhteessa yhteen sijoitushyödykkeeseen. Kolmannen luvun viimeisessä kappaleessa käydään läpi aikaisempia tutkimuksia, jotka käsittelevät osakkeiden ja velkakirjojen välistä korrelaatiota ja ilmiöitä, jotka arvopaperimarkkinoiden globaali integroituminen on aiheuttanut. Luvussa neljä käsitellään volatilitteettia tuottojen ennustajana. Luvussa vertaillaan historiallisen volatilitteen ja implisiittisen volatilitteen kykyä ennakoida ja selittää lähinnä osakemarkkinoiden tuottoja.

Luvusta viisi alkaa tutkielman empiirinen osuus. Tässä luvussa esitellään tutkielmassa käytettävä aineisto ja sen tilastolliset ominaisuudet. Lisäksi esitellään muita tulosten analysoinnin kannalta oleellisia tekijöitä, kuten korkotason muutos ja inflaation muutos. Luku kuusi jakaantuu neljään eri osioon. Jokaisen osion alussa käydään ensin menetelmät läpi, joita on käytetty kyseisen ongelman ratkaisemiseen. Tämän jälkeen jokaisessa osiossa on esitetty tulokset ja niiden analysointi. Luvussa seitsemän, joka on tutkielman viimeinen, tehdään tutkielman yhteenveto, johtopäätökset ja esitellään mahdolliset jatkotutkimusaiheet.

## 2. OSAKKEIDEN JA VELKAKIRJOJEN KESKEISET OMINAISUUDET

Eri sijoitushyödykkeitä kutsutaan rahoituksen kirjallisuudessa sijoitusinstrumenteiksi. Sijoitusinstrumentteja voidaan luokitella monella eri tavalla. Käytännössä tärkeintä on pystyä jakamaan ne vieraan pääoman sijoitusinstrumentteihin eli velkakirjoihin, oman pääoman instrumentteihin eli osakkeisiin ja johdannaisinstrumentteihin. Luokittelu perustuu siihen, että samoja menetelmiä pystytään hyödyntämään luokkien sisällä eri sijoitusinstrumenteille. Sijoituskohteen voimassaoloaika eli maturiteettiä voidaan myös käyttää luokitteluperusteena. Sijoitusinstrumentit, joiden voimassaoloaika on yli vuosi, kutsutaan pääomamarkkinainstrumenteiksi ja alle vuoden maturiteetin omaavia instrumentteja kutsutaan rahamarkkinainstrumenteiksi. (Nikkinen, Rothovius & Sahlström 2002: 11.)

### 2.1 Joukkovelkakirja

Joukkovelkakirja on laina, joka on jaettu useaan osaan. Velkakirjat kuuluvat vieraan pääoman ehtoihin arvopapereihin. Pienelläkin pääomalla on siten mahdollisuus osallistua lainan merkintään. Joukkovelkakirjoja on maturiteetiltaan eripituisia. Alle vuoden voimassa olevia velkakirjoja kutsutaan rahamarkkinainstrumenteiksi ja niille ei makseta korkoa. Tästä syystä niitä kutsutaan myös diskontto tai nollakorkoarvopapereiksi. Näiden papereiden tuotto muodostuu tuoton nimellisarvon ja hankinta hinnan erotuksesta. (Nikkinen ym. 2002: 11–12.) Esimerkiksi Yhdysvaltojen valtion velkasitoumus (T-bill) on alle vuoden maturiteetin omaava velkakirja. Muita rahamarkkinainstrumentteja ovat esimerkiksi yritystodistukset, pankkien sijoitustodistukset, keskuspankin sijoitustodistukset ja yritystodistukset. (Bodie, Kane & Marcus 2009: 24–27.)

Yli vuoden pituiset joukkovelkakirjat kuuluvat pääomamarkkinainstrumentteihin. Velkakirjan myyjä eli liikkeellelaskija on velvollinen maksamaan lainaajalle eli sijoittajalle koron ja pääoman palautuksen velkakirjojen ehtojen mukaisesti. (Nikkinen ym. 2002: 11–12.) Näiden joukkovelkakirjojen maturiteetti vaihtelee pääsääntöisesti 1–30 vuoden välillä. Tyypillisesti joukkovelkakirjat maksavat kaksi kertaa vuodessa korkoa eli kuponkia ja maturiteetissa joukkovelkakirjan nimellisarvon lainaajalleen. Lisäksi lainan nimellisarvo maksetaan maturiteetissa. On olemassa myös nollakuponkilainoja, joka tarkoittaa, että joukkovelka-

kirjasta maksetaan ainoastaan sen nimellisarvo maturiteetissa. Nollakuponkilainat lasketaan liikkeellä yleensä merkittävästi nimellisarvoa alemmalla hinnalla. (Bodie ym. 2009: 28–29, 446.) Joukkovelkakirjaa voidaan myös nimittää bondiksi tai obligaatioksi, jota käytetään yleensä valtion joukkovelkakirjoista (Niskanen & Niskanen 2000: 129). Pitkäaikaisia velkakirjoja ovat esimerkiksi valtioiden ja yritysten liikkeelle laskemat joukkovelkakirjalainat. Tästä eteenpäin joukkovelkakirjalainasta voidaan käyttää myös nimitystä velkakirja, joka tarkoittaa samaa asiaa.

### 2.1.1 Joukkovelkakirjan tuoton määräytyminen

Yleisperiaate velkakirjojen arvonmääritykselle on sama kuin muillakin arvopapereilla. Velkakirjan arvo tietyllä hetkellä on sen tulevaisuudessa maksettavien kassavirtojen nykyarvo. Kun kyseessä on tavallinen kiinteäkorkoinen velkakirja, ovat tulevaisuuden kassavirrat tiedossa, koska ne koostuvat lainan liikkeellelaskijan maksamista kuponkikoroista sekä lainan nimellisarvon takaisin maksusta. Kun kassavirrat ja niiden ajoitukset tiedetään, määräytyy velkakirjan arvo markkinoilla arvonmäärityshetkellä vallitsevan tuottovaatimuksen mukaisesti. (Niskanen & Niskanen 2000: 135.) Nikkinen ym. (2002: 113) esittävät joukkovelkakirjan arvon muodostumisen matemaattisesti seuraavalla tavalla:

$$(1) \quad P_0 = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} + \frac{FV}{(1+r)^T}$$

missä,  $P_0$  velkakirjan arvo eli kassavirtojen nykyarvo,  $C_t$  on vuotuiset kuponnikorot euroina,  $FV$  on velkakirjan nimellisarvo euroina,  $r$  on sijoittajan tuottovaatimus eli diskonttauskorko,  $T$  on maturiteetti vuosina ja  $t$  on aika liikkeellelaskusta vuosina.

Huomioitavaa kaavassa on, että tuottovaatimus  $r$  täytyy jakaa kahdella, mikäli kuponki maksetaan kaksi kertaa vuodessa. Kaava olettaa esitetyssä muodossaan kupongin maksettavan kerran vuodessa. Sijoittajien tuottovaatimus muodostuu riskittömästä korosta ja riskipreemiosta, joka on riskittömän tuoton päälle maksettava tuoton odotusarvo. Riskipreemioon vaikuttavat useat tekijät kuten likviditeettiriski, luottoriski ja korkoriski. (Nikkinen ym. 2002: 113, 241.) Edellä mainittuja riskejä käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

### 2.1.2 Joukkovelkakirjojen riskisyys

Vaikka velkakirjoja pidetään yleensä riskittöminä sijoituksina, niin sitä ne eivät ole. Tärkeimmät velkakirjan riskiin vaikuttavista tekijöistä ovat liikkeellelaskija ja velkakirjan takaisin maksuaika. Luottoriski kuvastaa liikkeellelaskijan riskiä eli kuinka todennäköistä on, että liikkeellelaskija ei kykene maksamaan lainaamaansa summaa. Valtioilla on yleensä parempi luottoluokitus kuin yrityksillä, joten yritysten velkakirjojen tuottovaatimus on yleensä suurempi. (Nikkinen ym. 2002: 94.) Valtio voi periaatteessa nostaa veroja, jotta se saa lainansa maksettua.

Korkoriski ja inflaatoriski ovat kuitenkin olemassa valtion joukkovelkakirjoillekin. ”Korkoriski eli hintariski on seurausta siitä, että tuottovaatimuksen eli diskonttauskoron muuttuessa velkakirjan markkinahinta muuttuu” (Nikkinen ym. 2002: 94–95). Tuottovaatimuksen noustessa velkakirjan arvo laskee ja tuottovaatimuksen laskiessa velkakirjan hinta nousee (Nikkinen ym. 2002: 95). Rationaalinen sijoittaja on valmis maksamaan sijoituksestaan tulevaisuuden nykyarvon verran (Bodie ym. 2009: 452).

Inflaatiolla on suuri vaikutus korkorisktiin ja tätä kautta tuottovaatimukseen. Inflaatio-odotusten noustessa ihmisten todellinen ostovoima pienenee. Tämä tarkoittaa, että nimellinen tuotto on suurempi kuin todellinen. (Nikkinen ym. 2002: 116–117.) Jos nimellinen maturiteettituotto on esimerkiksi 4% kahden vuoden maturiteetin omaavalle velkakirjalle ja odotettu inflaatio on 1,5% kyseiseltä ajalta, niin todellinen tuotto on tällöin 2,46%. Inflaatio-odotuksilla on siis tärkeä rooli tuottolaskelmissa. Kuten kaavasta 1 huomataan, odotettu inflaatio vaikuttaa siis muuttujaan  $r$ . Inflaatio odotusten noustessa  $r:n$  arvo kasvaa ja joukkovelkakirjan hinta laskee, mikä on huono uutinen velkakirjamarkkinoille (Andersson ym. 2008: 140). Tuottovaatimus rakentuu siis reaalitytöstä ja preemiosta, joka kompensoi inflaatio-odotuksia. Lisäksi tuottovaatimukseen vaikuttaa luottoriski. Mitä pidempi on velkakirjan maturiteetti, sitä herkempi sen hinta on korkotason muutoksille. (Bodie ym. 2009: 114–115, 452–453.)

Abhyankar, Klinkowska ja Lee (2008) havaitsivat, että korkean inflaation vallitessa, Yhdysvaltojen valtion velkakirjojen riskisyys vaihteli eri aikoina: Inflaation ollessa korkea, velkakirjat olivat riskisiä arvopapereita. Alhaisen inflaation

vallitessa ne toimivat turvallisina sijoituksina, jotka toimivat hyvin muiden riskien suojaamiseen.

## 2.2 Osake

”Osakkeet ovat oman pääoman ehtoista rahoitusta, joka oikeuttaa osuuteen yrityksen varallisuudesta ja tuloksesta omistuksen suhteessa” (Nikkinen ym. 2002: 12). Osakkeen juoksuaika on periaatteessa ikuinen, ellei yritys mene konkurssiin. Osakkeen tuotot muodostuvat osakkeelle maksetuista osingoista sekä osakkeen arvon noususta. Hinnan muodostus tapahtuu kysynnän ja tarjonnan mukaan. Toisin kuin velkakirjojen tuotot, osakkeiden tuottojen ennustaminen etukäteen on hyvin hankalaa. Yrityksen substanssi arvon eli kirja-arvon lisäksi yrityksen tulevaisuuden odotukset vaikuttavat tulevien tuottojen suuruuteen. Mitä epävarmemmat ovat tulevaisuuden tuotot, sitä suurempaa tuottoa yli riskittömän koron sijoittajat osakkeilta vaativat. (Nikkinen ym. 2002: 12, 148–149.)

### 2.2.1 Osakkeen tuoton määräytyminen

”Osakkeen arvonmäärityksen perusta ovat osakkeesta odotetut kassavirrat eli osingot” (Niskanen & Niskanen 2000: 182). Arvo määräytyy diskonttaamalla tulevat osinkovirrat arvonmäärityshetkellä sellaisella korkokannalla, joka ottaa huomioon sijoituskohteeseen liittyvän riskin. Osinkojen diskonttausmalleja on erilaisia, jotka tekevät erilaisia oletuksia osinkojen tulevasta kasvukäyttäytymisestä. (Niskanen & Niskanen 2000: 182.) Osinkoperusteinen malli on teoreettisilta lähtökohdiltaan paras, koska osinko on ainut kassavirta, jota sijoittajat yritykseltä saavat (Nikkinen ym. 2002: 149). Osakkeen hinta määräytyy siis tulevien osinkovirtojen nykyarvona. Tämän ajatuksen mukaan osakkeen arvo määräytyy seuraavan yleisen mallin mukaan Williams (1938):

$$(2) \quad P_0 = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{D_t}{(1+r)^t}$$

Jossa,  $P_0$  on osakkeen arvo arvonmäärityshetkellä ( $t = 0$ ),  $D_t$  odotettu osinko vuonna  $t$  ja  $r$  on pääoman odotettu tuotto eli tuottovaatimus.



Mallissa sijoittajan tulot muodostuvat pelkästään yrityksen maksamista osingoista. Mallin toimivuutta voidaan epäillä, koska kaikki yritykset eivät maksa osinkoa. Tällöin edellä esitetty malli antaisi osakkeen arvoksi 0. Hyväkään yritys, joka investoi kaikki voittonsa tulevaisuuden kasvuun osakkaiden suostumuksella, ei tuottaisi mitään. Todellisuudessa osakkeen tuotto ei kuitenkaan yleensä ole 0. Käytännössä osakkeen hinnan muutokset vaikuttavat myös tuottoon. Yhden periodin osakkeen odotettu tuotto riippuu siis tulevista osingoista ja osakkeen hinnan muutoksista. (Niskanen & Niskanen 2000:156–157.) Matemaattisesti ilmaistuna, osakkeen yhden periodin odotettu tuotto voidaan ilmaista seuraavasti:

$$(3) \quad r = \frac{D_1 + (P_1 - P_0)}{P_0}$$

Osinkotuotto  $D_1$  täytyy diskontata, jotta rahanaika-arvo tulee huomioitua.

Tässä tutkielmassa osakkeiden tuotot lasketaan osakkeiden hinnan muutoksista. Oletuksena on, että markkinat ovat huomioineet odotetut tulevat osingot, jotka näkyvät osakkeiden hinnoissa.

Miller ja Modigliani (1961) mukaan osinkopolitiikalla ei olisi vaikutusta osakkeen arvoon, vaan arvo määräytyisi liikeriskin ja yrityksen reaalioperaatioiden tulontuottokyvyn perusteella. Heidän teoriansa perustuu siihen, että markkinat toimisivat täydellisesti. Lintner (1962) ja Gordon (1963) esittivät vastakkaisen teorian, jonka mukaan osakkeiden tuottovaatimus kasvaa osingonjakoa supistettaessa. Näin tapahtuu, koska sijoittajien mielestä tulevat pääomavoitot ovat epävarmempia kuin heti saatavat osingot.

Muunlaisia arvonmääritysmalleja osakkeille on muun muassa vapaan kassavirran malli, joka perustuu yrityksen tuottamien vapaiden kassavirtojen nykyarvon laskemiseen. Tässä mallissa diskontataan yrityksen tuottamia kassavirtoja osinkojen sijasta. Lisäarvomalli puolestaan perustuu yrityksen voittojen diskonttaamiseen. (Nikkinen ym. 2002: 152–154.)

### 2.2.2 Osakkeen riskisyys

Osakkeisiin liittyvä riski voidaan jakaa markkinariskiin eli systemaattiseen riskiin ja yritysriskiin eli epäsystemaattiseen riskiin. Yrityskohtainen riski pysty-

tään eliminoimaan esimerkiksi hajauttamalla sijoitukset eri toimialoilla toimivien yritysten osakkeisiin. Esimerkiksi öljyn hinnan noustessa, kuljetusalalla toimivien yritysten yritysten osakkeiden tuotot saattavat laskea, mutta öljy-yhtiöiden osakkeiden tuotot todennäköisesti nousevat. Jo 5–10 hyvin hajautettua osaketta auttaa vähentämään epäsystemaattista riskiä huomattavasti. (Bodie ym. 2009: 195–196.)

Yrityskohtainen riski pystytään siis eliminoimaan pois, joten jäljelle jää markkinariski. Markkinariski muodostuu koko kansantaloutta koskevista tekijöistä, joille kaikki yritykset ovat alttiita. Esimerkiksi korkotason muutos, verotus ja kansantalouden kasvu ovat tällaisia tekijöitä. Systemaattista riskiä ei voida eliminoida, vaikka sijoittajalla olisi hallussaan kaikki mahdolliset osakkeet. Osakkeilla on taipumus kehittyä aina jossain määrin samansuuntaisesti ja markkinariski on tekijä, joka selittää tämän. (Nikkinen ym. 2002: 45.) Vuonna 1987 lokakuun 19. tapahtui pörssiromahdus Yhdysvalloissa, jolloin osakekurssit laskivat voimakkaasti. Gulkon (2002) mukaan syinä tähän olivat rajusti nousevat korot, sekä pelko inflaation kiihtymisestä. King ja Wadhvani (1990) tutkivat aihetta ja havaitsivat, että pörssikurssit romahtivat myös Iso-Britanniassa ja Japanissa.

Riskiä mitataan keskihajonnalla. Jotta keskihajonta voitaisiin mitata, täytyy ensin mitata osakkeen varianssi. Varianssi on odotetuista tuotoista poikkeavien tuottojen neliöiden odotusarvo. Bodie ym. (2009: 129) esittävät varianssin laskemisen seuraavalla kaavalla:

$$(4) \quad \sigma^2 = \sum_{s=1}^n p(s) [r(s) - E(r)]^2$$

Jossa,  $p(s)$  on todennäköisyys tietylle tulemalle, esimerkiksi noususuhdanne, normaali kasvu tai laskusuhdanne,  $n$  on osakkeen tuottovaihtoehtojen lukumäärä,  $r(s)$  on sijoituksen tuotto tietyn tuleman toteutuessa ja  $E(r)$  on kaikkien tuottovaihtoehtojen odotettu tuotto.

Poikkeamat odotusarvosta korotetaan toiseen, koska muutoin positiiviset ja negatiiviset muutokset kumoaisivat toisensa ja varianssiksi voisi tulla nolla. Ottamalla varianssista neliöjuuri saadaan mielekkäämpi luku tulkita riskiä. Neliöjuuri varianssista antaa prosentuaalisen muutoksen ja tätä kutsutaan kes-

kihajonnaksi. Keskihajonta voidaan ilmaista matemaattisessa muodossa seuraavanlaisesti:

$$(5) \quad \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

### 2.3 Yhteenveto osakkeiden ja velkakirjojen riskeistä

Osake ja joukkovelkakirja ovat molemmat riskisiä sijoituskohteita. Korkoriski, markkinariski ja inflaatoriski vaikuttavat näihin molempiin arvopapereihin. Vaikutukset saattavat tosin vaihdella, ollen positiivisia toiselle ja negatiivisia toiselle. Korkotason nousu johtaa arvopaperin hinnan laskuun, kun taas korkotason lasku nostaa arvopapereiden hintoja, kun muut tekijät pysyvät ennallaan. Korkoriski on kuitenkin merkittävämpi velkakirjojen hinnoille kuin osakkeiden hinnoille. (Nikkinen ym. 2002: 29.) Inflaatio odotusten noustessa nousevat yleensä myös tuottovaatimukset ja näin ollen se on huono uutinen velkakirjamerkkinoille, koska niiden tuotot laskevat. Inflaatio-odotusten nousu on puolestaan tulkinnanvarainen osakkeiden hinnoille, sillä vaikka tuottovaatimus kasvaa, niin odotetut tulevaisuuden kassavirrat kasvavat myös. (Andersson ym. 2008: 140.) Markkinariski vaikuttaa voimakkaasti molempiin arvopapereihin, mutta ennen kaikkea osakkeiden tuottoihin (Nikkinen ym. 2002: 29). Liikeriski puolestaan vaikuttaa osakkeisiin, mutta sitä pystytään pienentämään hajauttamalla sijoituksia eri kohteisiin. Sijoitusten hajauttamista käsitellään tarkemmin luvussa kolme.

### 2.4 Tuottojen satunnaiskulku

Niin sanottu tuottojen satunnaiskulun malli (Random Walk) on esimerkki stokastisesta prosessista, joka tarkoittaa satunnaisprosessia. Tällöin arvopapereiden hinnan muutokseen vaikuttaa vain uusi informaatio. Menneillä hinnan muutoksilla ei siis pystytä ennustamaan tulevia tuottoja. (Bodie ym. 2009:345.) Arvopapereiden tuottosarjojen on sanottu noudattavan satunnaiskulkua. ”Mallissa muuttujan perättäiset muutokset ovat toisistaan riippumattomia satunnaismuuttujia, joiden odotusarvo on nolla” (Kahra & Kanto 1999: 4.) Matemaattisesti satunnaiskulkua voidaan kuvata seuraavasti:

$$(6) \quad y_t - y_{t-1} = u_t$$

eli

$$(7) \quad y_t = y_{t-1} + u_t$$

joissa,  $y_t$  on jokin stokastinen prosessi,  $u_t$  on satunnaismuuttuja, jonka odotusarvo on nolla ja arvot on poimittu periodilla  $t$  riippumattomasti aikaisempien periodien  $t-i$  arvoista  $u_{t-1}$ . Tällöin muuttujan  $y_t$  käyttäytyminen on täysin satunnaista. (Kahra & Kanto 1999: 4.)

Muuttuja  $u_t$ , joka on siis satunnaismuuttuja, määrittää  $y_t$ :n arvon. Faman (1970) määrittelemän tehokkuuden kolmijaon mukaan heikot ehdot täyttävällä tehokkuudella, arvopapereiden tämän hetkisiin hintoihin sisältyy kaikki meneeseen hintakehitykseen sisältyvä informaatio.  $u_t$  voi siis olla 50 prosentin todennäköisyydellä positiivinen tai 50 prosentin todennäköisyydellä negatiivinen. Huomisen tuottoja ei siis pystytä ennustamaan menneillä hinnan muutoksilla, vaan uusi informaatio on ainoa tekijä, joka vaikuttaa tuleviin hintojen liikkeisiin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että osakkeen hintatasoa ei voitaisi ennustaa. Paras ennuste osakkeen seuraavan päivän hinnaksi on sen tämän päivän hinta. Ainoastaan hintamuutosta eli tuottoa ei pystytä ennustamaan. (Nikkinen ym. 2002: 82.)

### 3. ARVOPAPEREIDEN YHTEISVAIHTELU

Korrelaation dynamiikan ymmärtäminen on osake- ja velkakirjamarkkinoiden välillä on tärkeätä useasta syystä. Se vaikuttaa suoraan hajauttamisen suunnitteluun ja toteutukseen sekä riskin hallintaan. (Andersson ym. 2008: 139.) Odotettu tuotto ja riski ovat yhtä tärkeitä elementtejä sijoittajille (Bodie ym. 2009: 113). Markowitz (1952) toi helpotusta portfolion riskin määrittämiseen uudella portfolioteoriallaan vuonna 1952. Hän loi matemaattisen menetelmän, jolla pystytään luomaan optimaalinen sijoitussalkku riskin ja tuoton suhteen. Tavoitteena on luoda salkku, joka tuottaa suurimman odotetun tuoton annetulla riskitasolla, tai pienimmän mahdollisen riskin annetulla tuottotasolla. Markowitz havaitsi, että portfolion varianssiin vaikuttaa osakkeen oman varianssin lisäksi kovarianssi muiden osakkeiden kanssa. Mallissa arvopaperisalkku hajautetaan optimaalisessa suhteessa arvopapereiden tuottoihin, variansseihin ja kovariansseihin. Varianssi toimii teoriassa riskin mittarina. Varianssia pystytään vähentämään hajauttamalla sijoituksia useampaan kuin yhteen sijoitushyödykkeeseen, vaikuttamatta kuitenkaan odotettuun tuottoon (Bodie ym. 2009: 194). Toisin sanottuna sijoituksen tuotto-riski -suhde paranee hajauttamisen seurauksena, kun epäsystemaattinen riski saadaan eliminoitua.

Koska kyseessä on teoria, sisältää se myös joitakin olettamuksia. Sijoittajat ovat riskin karttajia: sijoittajat pitävät tietyllä riskitasolla saatavia korkeampia tuottoja parempina kuin matalia tuottoja. Toinen ehto olettaa, että sijoittajat tekevät sijoituspäätöksensä ainoastaan riskin ja tuoton odotusarvon perusteella. (Markowitz 1991: 6–7.)

#### 3.1 Kahdesta arvopaperista muodostettu portfolio

Portfolio, joka sisältää kahta riskistä arvopaperia, on helppo analysoida ja se kuvaa myös periaatteita, jotka soveltuvat myös useampia arvopapereita sisältäviin portfolioihin (Bodie ym. 2009: 197). Portfolion tuotto saadaan laskemalla yhteen yksittäisten sijoituskohteiden tuotot. Toisin sanottuna portfolion tuotto on painotettu keskiarvo sijoituskohteiden odotetuista tuotoista. Jos oletetaan, että portfolio koostuu osakkeesta ja velkakirjasta, voidaan tuotto ilmaista Bodie ym. (2009: 197) mukaan seuraavasti:

$$(8) \quad r_p = w_D r_D + w_E r_E$$

jossa  $r_p$  on portfolion tuotto,  $w_D$  on joukkovelkakirjaan sijoitettu osuus,  $w_E$  on osakkeeseen sijoitettu osuus,  $r_D$  on joukkovelkakirjan tuotto ja  $r_E$  on osakkeen tuotto.

Portfolion odotettu tuotto puolestaan on odotettujen tuottojen painotettu keskiarvo arvopaperien osuuksilla portfoliossa:

$$(9) \quad E(r_p) = w_D E(r_D) + w_E E(r_E)$$

### 3.1.1 Portfolion riski

Portfolion riskiä mitataan myös varianssilla tai keskihajonnalla kuten yksittäisen arvopaperinkin. Huomioimisen arvoista on, että varianssi antaa symmetrisen kuvan riskistä: Varianssi vaihtelee siis yhtä paljon niin keskiarvon yläpuolella kuin alapuolella. Voitaisiin väittää, että mittari, joka kiinnittää huomiota keskiarvon alapuolisiin hajontoihin, antaisi paremman kuvan jakaumista, joita sijoittajat haluaisivat välttää. Portfolion tuottojakauma on kuitenkin usein lähes symmetrinen, toisin kuin yksittäisen arvopaperin. Varianssi onkin siis parempi riskin mittari portfoliolle kuin yksittäiselle arvopaperille. (Taggart 1996: 202.) Portfolion varianssin laskeminen on hieman monimutkaisempaa kuin odotettujen tuottojen. Portfolion varianssi on odotettu arvo portfolion keskimääräisen tuoton ja odotettujen tuottojen välisen eron neliöiden painotetuista summista. (Elton ym. 2003: 53.) Kahden arvopaperin sisältämän portfolion varianssi voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$(10) \quad \sigma_p^2 = w_D \sigma_D^2 + w_E \sigma_E^2 + 2w_D w_E \text{Cov}(\sigma_D \sigma_E)$$

Kun kaavasta otetaan neliöjuuri, saadaan laskettua portfolion keskihajonta.

$$(11) \quad \sigma_p = \sqrt{w_D \sigma_D^2 + w_E \sigma_E^2 + 2w_D w_E \text{Cov}(\sigma_D \sigma_E)}$$

Varianssin kaavasta havaitaan, että portfolion varianssi ei ole yksittäisten arvopapereiden painotettu keskiarvo (Bodie ym. 2009: 197), toisin kuin odotettu tuotto. Variansiin vaikuttaa arvopapereiden välinen kovarianssi, jota kuvataan

kaavassa termillä  $Cov(\sigma_D\sigma_E)$ . Se kertoo missä suhteessa kaksi arvopaperia keskimäärin kehittyvät samansuuntaisesti (Nikkinen ym. 2002: 46). Kovarianssi, josta saadaan korrelaatio, joka on mielekkäämpi arvo tarkastella, saadaan jakamalla se molempien arvopapereiden keskihajonnalla. Korrelaatiokerroin on olennaisessa roolissa, kun mietitään hajauttamisesta saatavaa hyötyä, sillä niin kauan, kun kerroin ei ole yksi, pienentää se portfolion varianssia. Kovarianssi ja korrelaatio käydään läpi tarkemmin kappaleessa 3.1.2. Portfolion varianssi on siis jokaiselle arvopaperille laskettu varianssi ja kovarianssi erikseen toisen arvopaperin kanssa summattuna ne yhteen (Nikkinen ym. 2002: 48).

### 3.1.2 Kovarianssi ja korrelaatio

Kovarianssi siis kertoo missä suhteessa kaksi arvopaperia kehittyy samansuuntaisesti. Korrelaatio, joka on mielekkäämpi arvo tulkita arvopapereiden vaihtelua, saadaan laskettua seuraavalla kaavalla,

$$(12) \quad \rho_{DE} = \frac{\sigma_{DE}}{\sigma_D, \sigma_E}$$

jossa  $\rho_{DE}$  on osakkeen ja joukkovelkakirjan välinen korrelaatiokerroin ja  $\sigma_{DE}$  on osakkeen ja velkakirjan osakkeen välinen kovarianssi. Tällöin kaava 10 voidaan kirjoittaa seuraavaan muotoon:

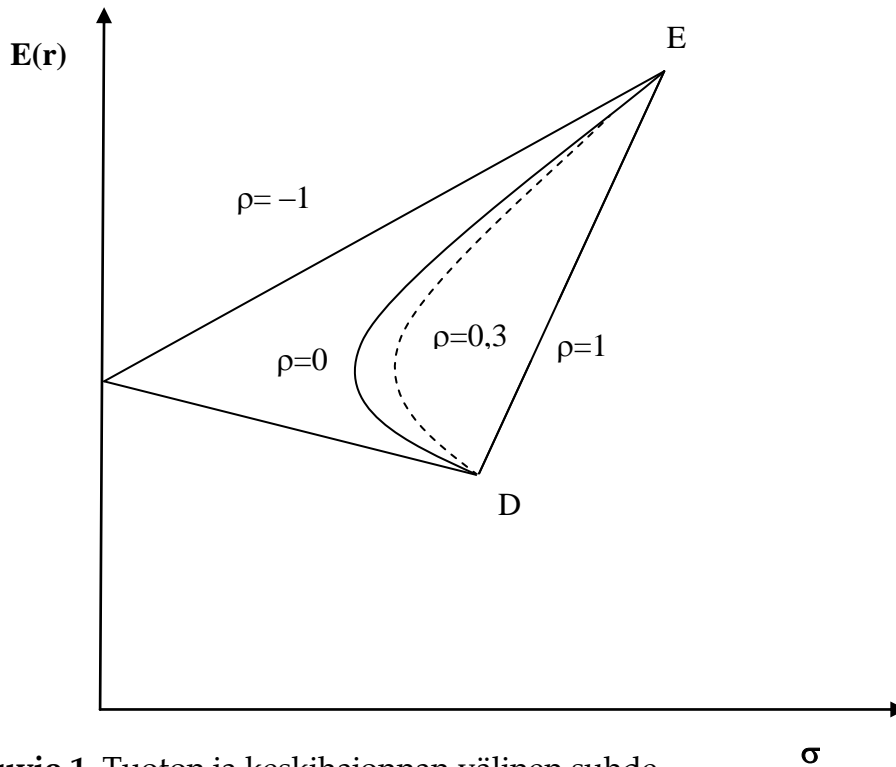
$$(13) \quad \sigma_p^2 = w_D\sigma_D^2 + w_E\sigma_E^2 + 2w_Dw_E\rho\sigma_D\sigma_E$$

Korrelaatiokerroin voi saada arvon välillä  $-1$  ja  $+1$ . Mikäli arvopapereiden välinen korrelaatio on  $+1$ , korreloivat ne täysin toistensa kanssa. Tämä tarkoittaa, että portfolion varianssi on eri arvopapereiden painotettujen keskihajontojen summa. Tällöin portfolion keskihajonta ei pienene ja se voidaan ilmoittaa seuraavasti:

$$(14) \quad \sigma_p = w_D\sigma_D + w_E\sigma_E$$

Kaikissa muissa tapauksissa, joissa korrelaatio on vähemmän kuin  $+1$ , portfolion keskihajonta on vähemmän kuin arvopapereiden painotettujen keskiarvojen summa. Toisin sanottuna, kun korrelaatio eri arvopapereiden välillä laskee,

portfolion riski pienenee. Seuraava kuvio mukailee Bodie ym. (2009: 203) esittämää kuviota, joka hahmottaa hajauttamisesta saatavaa hyötyä.



**Kuvio 1.** Tuoton ja keskihajonnan välinen suhde

Kuviosta nähdään, miten hajauttaminen pienentää riskiä, mutta ei kuitenkaan tuottoja. Arvopaperin korrelaatio itsensä kanssa on 1. Jos portfoliossa on kaksi arvopaperia, joiden välinen korrelaatio on 0,3, saadaan parempi tuotto pienemmällä riskillä. Esimerkiksi, jos portfolioon D, joka sisältää vain yhtä arvopaperia, lisätään arvopaperia E, niin odotettu tuotto kasvaa samalla kuin riski pienenee. Hajauttamisesta saatava hyöty siis paranee. Kun korrelaatio laskee negatiiviseksi, toimii toinen arvopaperi erinomaisesti toisen suojana. Korrelaation ollessa  $-1$ , tarkoittaa se, että toisen arvopaperin noustessa toinen laskee samassa suhteessa. Jos kahden arvopaperin portfoliossa molempien painot olisivat 0,5, olisi portfolion varianssi tällöin 0, jos korrelaatio olisi  $-1$ . Tosin sanottuna tällöin olisi mahdollista muodostaa täysin riskitön portfolio. Korrelaation ollessa 0, toisen arvopaperin liikkeet eivät vaikuta toisen arvopaperin liikkeisiin, mutta portfolion varianssi kuitenkin pienenee. (Bodie ym. 2009: 197–200.)



### 3.2 Aikaisemmat tutkimukset

Cambell ja Ammer (1993) toivat tutkimuksessaan esille kolme merkittävää tekijää, jotka vaikuttavat osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen väliseen korrelaatioon. Ensimmäinen on korkotaso. Korkotason vaihtelut voidaan yhdistää positiiviseen korrelaatioon, koska korkotason muutokset vaikuttavat molempiin arvopapereihin samalla tavalla. Osakkeiden ja velkakirjojen hinnoilla on negatiivinen suhde korkotasoon nähden. Vaihtelut inflaatio-odotuksissa puolestaan tukee negatiivista korrelaatiota, sillä inflaation nousu vaikuttaa laskevasti joukkovelkakirjojen hintoihin, mutta osakkeille se on tulkinnanvarainen: tuottovaatimus osakkeilla nousee, mutta odotetut kassavirrat nousevat myös. Kolmantena tulevaisuuden tuotto-odotukset voidaan yhdistää positiiviseen korrelaatioon. Tästä näkökulmasta katsottuna, ainoa tekijä, joka voi saada aikaan negatiivista korrelaatiota osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välille, on osakkeen ja velkakirjan reagoiminen erilailla inflaatio-odotuksiin.

Bolten ja Besley (1991) osoittivat periodilla 1967–1987, että portfolio, joka sisälsi osakkeita ja velkakirjoja, ja jonka tasapainotus perustui osakkeiden tuottojen muutoksiin ja korkotason muutoksiin, tarjosi 12,9 prosentin vuotuisen tuoton. Tulosta verrattiin portfolioon, joka sisälsi vain osakkeita ja portfolioon, joka sisälsi vain velkakirjoja. Osakeportfolio tuotti 10,6 prosenttia ja velkakirjoista koostuva portfolio 7,8 % samalta aikajaksolta.

Aiemmat tutkimukset osoittavat, että ajanjaksoina, jolloin osakemarkkinoiden epävarmuus on suurta, osakeportfolion hajauttamisesta saatava hyöty vähenee: osakemarkkinoiden huono menestys heijastuu eri alojen ja maitten välillä. (Lan 2008: 1.) King ja Wadhvani (1990) tutkivat vuoden 1987 lokakuun pörssiromahdusta Yhdysvalloissa ja sen vaikutusta Lontoon ja Tokion pörssien osakeindekseihin. Tutkimus periodi oli yhdeksän kuukautta heinäkuusta 1987 helmikuuhun 1988. Kaikkien kolmen pörssin osakeindeksit Dow Jones FT 30 ja Nikkei romahtivat lähes samanaikaisesti.

Edellä kuvattua ilmiötä, jossa yhden osakemarkkinan epävarmuus heijastuu myös muille osakemarkkinoille, kutsutaan tartunnaksi (contagion). Kirjallisuudessa tartunta on määritelty osakkeiden välillä tai velkakirjojen välillä tapahtuvaksi korrelaatiokertoimen kasvuksi suhteessa vertailu periodiin. (Baig & Goldfajn: 1998; Forbes & Rigobon: 2002.) Tarkemmin ilmaistuna asia tarkoittaa, että

tartunta-ilmiö on olemassa vain silloin, kun markkinat korreloivat voimakkaammin kuin normaalisti. Samaan suuntaan liikkuvat markkinat eivät automaattisesti kärsi tartunta-efektistä. (Baur & Lucey 2008:3.) Vuoden 1987 pörssiromahduksessa oli kuitenkin kyse tartunnasta. Lontoon ja New Yorkin pörsien osakemarkkinoiden korrelaatio oli heinäkuun alussa 0.27, kun taas viikolla, jolloin romahdus tapahtui, korrelaatio nousi 0,65:een. Joulukuun ensimmäisen päivän ja Tammikuun 28. päivän välillä korrelaatio oli taas 0,19. (King & Wadhwani 1990: 23.) S&P 500 indeksin arvo laski 20,5 prosenttia lokakuun 19. päivä vuonna 1987. S&P 500 romahti 16. 19. ja 26. lokakuuta, joista suurin romahdus tapahtui 19. päivä. Yhdysvaltojen valtion velkakirja(T-bond) reagoi samana päivänä 3,7 prosentin nousulla. (Gulko 2002: 60.)

Gulgo (2002) tutki osakemarkkinoiden romahduksia ja niiden vaikutuksia osakkeiden ja Yhdysvaltojen joukkovelkakirjojen välistä korrelaatiota vuoden 1987 osakemarkkinoiden romahduksen ympärillä. Tutkimuksessa käytettiin event-study menetelmää. Tutkimusten tulosten mukaan osakkeiden ja velkakirjojen välinen korrelaatio oli +0,26 ajalla  $t_0 - t_{10}$ . Ajan hetkellä  $t_0$ , jolloin osakemarkkinat romahtivat, korrelaatio kääntyi negatiiviseksi keskimääräisellä arvolla -0,45. Poislukien 19. päivän romahdus, korrelaatio oli -0,31. Periodilla  $t_0 + t_{10}$  korrelaatio kääntyi takaisin positiiviseksi arvolla +0,20. Historiallinen pitkän aikavälin korrelaatio näiden kahden arvopaperin välillä on ollut +0,26. Edellä kuvailtua ilmiötä kutsutaan irtautumiseksi(decoupling): tällöin velkakirjalainan tuottojen ja osakkeiden tuottojen välinen korrelaatio muuttuu väliaikaisesti negatiiviseksi (Gulko 2002: 59).

Muutos osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välisessä korrelaatiossa saattaa laskea, nousta tai muuttua positiiviselta tasolta negatiiviseksi ja päinvastoin. Esimerkiksi osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen korrelaatio voi laskea arvosta 0,5 arvoon 0,25, tai 0,5:stä -0,1:een. Ensimmäinen muutos voi aiheutua siitä, että sijoittajat joko myyvät osakkeita tai ostavat velkakirjoja. Ainoastaan jälkimmäinen korrelaatio muutos, jonka tuloksena on negatiivinen korrelaatio, on ilmiö, jossa pääoma pakenee osakkeista joukkovelkakirjoihin. Irtaantumista voidaan kutsua myös Flight-to-quality -ilmiöksi, jossa näiden kahden arvopaperin korrelaatio muuttuu negatiiviseksi. (Baur & Lucey 2008: 3-4.) Ilmiötä on havaittu erityisesti, kun taloudessa eletään epävakaita aikoja (Kim, Moshiran & Wu 2006: 1509).

Markkinoiden globaalilla integroitumisella on ollut suuri merkitys sille, että ongelmat yhdellä alueella leviävät helposti muihinkin maihin maailmanlaajuisesti. Integroitumiseen on vaikuttanut erityisesti tekniikan kehittyminen. Kim ym. (2006) tutkivat Euroopan rahaliiton eli EMUn vaikutusta osake- ja velkakirjamarkkinoiden integroitumiseen. Tutkijat tutkivat integroitumisen vaikutusta osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen korrelaatioon niin maiden sisällä kuin maiden välillä. Tutkimus on laaja käsittäen seitsemän suurta taloutta: Yhdysvallat, Iso-Britannia, Saksa, Ranska, Japani, Italia sekä Espanja. Tutkimus toteutettiin osakkeiden ja velkakirjojen päivittäisillä havainnoilla jokaisesta maasta vuosilta 1994–2003. Tulokset osoittavat, että EMUun siirtyminen vuonna 1999 on kasvattanut yksittäisen maan osakkeiden tuottojen välistä korrelaatiota sekä velkakirjojen tuottojen välistä korrelaatiota EMU alueen kanssa. Euroa käyttävien maiden valtioiden joukkovelkakirjojen korrelaatiot vaihtelevat 0,65–1 välillä; Iso-Britanniassa luku vaihtelee 0,68–0,75 välillä; Yhdysvalloilla 0,38–0,48 ja Japanilla 0,03–0,09. Rahaliittoon kuuluvissa maissa joukkovelkakirjamarkkinat ovat integroituneet jo ennen EMUa, mutta vuoden 1998 jälkeen korrelaatiot ovat tasaantuneet. Galati ja Tsatsaronis (2003) ovat havainneet saman efektin.

Osakemarkkinoiden integroituminen on ollut vielä suurempaa kuin velkakirjamarkkinoiden. Euroa käyttävien maiden osakeindeksien korrelaatiot EMU-alueen kanssa ovat kaikki nousseet 1990-luvun loppupuolella. 2000-luvun alussa korrelaatiot ovat olleet euromailla 0,7–1 välillä, paitsi Italiassa 0,5–0,9, Iso-Britanniassa 0,65–0,85, Japanilla 0,25–0,3 ja Yhdysvalloilla 0,36–0,375. Capiello, ym. (2006) havaitsivat saman ilmiön tutkimuksessaan.

Bartram, Taylor ja Wang (2007) käyttivät laajempaa aineistoa koskien maiden määrää. Heidän aineistonsa sisälsi 12 euroalueen maata ja viisi Euroopan maata, joilla euro ei ollut käytössä. Tutkimuksessa käytettiin osakemarkkinoita ja kunkin maan indeksia vertailtiin euroalueen indeksiin ja S&P 500 -indeksiin kanssa. Ranskan, Saksan, Italian ja Alankomaiden osakeindeksien korrelaatioissa euroalueen kanssa havaittiin nouseva trendi. Suomen, Belgian, Kreikan ja Portugalin indekseissä ei tapahtunut nousevaa trendiä. Irlannin, Itävallan ja Luxemburgin indeksien korrelaatiot näyttävät puolestaan laskeneen vuoden 1997 jälkeen, jolloin ensimmäiset euron käyttöön ottavat maat ilmoitettiin. Mielienkiintoinen havainto on, että erityisesti Suomen osakeindeksiin integraatio S&P 500 -indeksiin kanssa on kasvanut enemmän kuin euroalueen kanssa. Euroalueeseen kuulumattomista maista Ruotsilla ja Iso-Britanniassa integraatio on

hieman lisääntynyt. Selityksenä tutkijat arvioivat, että ainakin jotkut markkina-toimijat odottavat näiden kahden maan ottavan euron käyttöönsä. Sveitsillä ja Norjalla integraatio näyttää pysyneen melko stabiilina ja Tanskalla on havaittavissa lievää laskua. Tutkimus on tehty vuosilta 1994–2003.

Kim ym. (2006) tutkimuksessa havaittiin myös, että yksittäisen maan osakkeiden ja joukkovelkakirjojen tuottojen välinen korrelaatio on laskenut ja välillä ollut jopa negatiivista. Kyseistä ilmiötä ei voida selittää teknokuplan puhkeamisella, koska korrelaatiot ovat lähteneet laskemaan jo 1990-luvun puolivälissä. Selityksenä tutkijat käyttivät flight-to-quality -ilmiötä: sijoittajat ovat olleet epävarmoja tulevan rahaliiton seurauksista ja täten siirtäneet sijoituksiaan valtion velkakirjoihin, mikä on aiheuttanut ajoittaista negatiivista korrelaatiota osake-tuottojen ja velkakirjatuottojen välillä. Japani eroaa muusta ryhmästä siten, että sillä korrelaatio on pysynyt koko tarkasteluperiodin negatiivisena. Italia on ainoa euroalueen poikkeus, sillä sen korrelaatio on vahvistunut. Italian poikkeavuutta tutkijat selittävät sillä, että Italian osakemarkkinat ovat olleet historiallisesti erittäin volatiileja. Sijoittajat ovat uskoneet, että uusi rahaliitto vähentää makroekonomista epävarmuutta Italiassa ja tästä syystä osakkeiden ja velkakirjojen tuotot ovat liikkuneet samaan suuntaisesti. Tämä väite saa tukea Moranan ja Belartin (2002) havainnosta, että Italian osakemarkkinoiden volatiilisuus on pienentynyt euron käyttöönoton jälkeen.

Markwat ym. (2009) tukivat kehittyvien osakemarkkinoiden romahduksen vaikutusta muihin markkinoihin. Tutkimuksessa käytettiin päivähavaintoja heinäkuusta 1996 heinäkuuhun 2007. Kehittyviltä markkinoilta mukana oli kuusi maata Aasiasta ja kuusi maata Latinalaisesta-Amerikasta. Eurooppaa käsiteltiin yhtenä alueena kuten myös Yhdysvaltoja. Mielenkiinnon kohteena oli, miten paikallinen osakemarkkinoiden romahdus heijastuu alueellisesti ja globaalisti. Romahdus tapahtuu, kun päivätuotot laskevat alle 5 prosentin kvantiiliin, kun otetaan huomioon koko tarkasteluperiodin tuotot. Paikallisia romahduksia tapahtui määritelmän mukaan 616, alueellisia 271 ja globaaleja 142 päivänä. Näyttää siltä, että romahduksia tapahtuisi globaalisti melko usein, mutta on huomioitava kuitenkin, että monta romahdusta tapahtuu yleensä lyhyessä ajassa. Todennäköisyys globaalille osakemarkkinoiden romahdukselle, jos romahdusta ei tapahtunut edellisellä päivällä, oli 3 prosenttia. Jos romahdus tapahtui paikallisesti, kasvoi todennäköisyys 6 prosenttiin. Alueellisen romahduksen kohdalla

todennäköisyys nousi 11 prosenttiin. Globaalin romahduksen tapahtuessa todennäköisyys, että seuraavana päivänä romahdus jatkuisi, nousi 20 prosenttiin. Jos markkinoita tarkasteltaisiin toisistaan riippumattomina, 20 prosentin todennäköisyys muuttuisi 0,25 prosenttiin. Suurin osa globaaleista romahduksista ei tapahdu yhtäkkiä, vaan kehittyä aikaisemmista paikallisista ja alueellisista romahduksista (Markwat ym. 2009: 1999). Tutkijat kutsuvat ilmiötä domino-efektiksi: tällöin romahdus yksillä markkinoilla leviää markkinoilta toisille.

Vaikka sijoittaja ei olisikaan sijoittanut markkinoille, jossa romahdus tapahtuu, eivät sijoitukset ole välttämättä turvattu. Jos markkinat lähtevät toimimaan domino-efektin tavoin, saattavat toisaalle tehdyt sijoitukset myös kärsiä. Markkinoiden laaja-alainen seuraaminen onkin tärkeätä. Domino-efekti ei välttämättä kuitenkaan ole ainoastaan huono asia, sillä toisaalta sen voidaan ajatella toimivan myös varoitusmekanismina.

Kelly, Martins ja Carlson (1998) tutkivat kehittyvien markkinoiden osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välistä suhdetta. He raportoivat, että kehittyvillä markkinoilla velkakirjat ovat enemmän osakkeen kaltaisia, johtuen maakohtaisesta riskistä. Velkakirjojen tuotot romahtivat herkemmin osakemarkkinoiden romahdettua kuin kehittyneillä markkinoilla.

#### 4. VOLATILITEETTI TUOTTOJEN ENNUSTAJANA

Osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen ennustaminen on tärkeä tavoite sijoitusten hallinnoimisessa (Aburachis & Kish 1999: 67). Arvopapereiden odotettu volatilitteetti on tärkein muuttuja sijoituspäätöksiä tehtäessä (Claessen & Mittnik 2002: 302). On kuitenkin kiistanalaista, pystytäänkö tulevaisuuden tuottoja ennustamaan. Hintojen satunnaiskulun mukaan, joka liittyy Faman (1970) teoriaan tehokkaista markkinoista, arvopapereiden peräkkäiset tuotot ovat riippumattomia toisistaan. Tällöin on 50 prosentin mahdollisuus tuottojen nousulle tai laskulle seuraavana päivänä. Tuottojen ennustaminen on tällöin teorian mukaan hyödytöntä. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että niin osakkeiden, kun velkakirjojenkaan tuotot eivät noudata puhtaasti satunnaiskulkua, mikä tukee sitä, että tuottojen ennustaminen olisi hyödyllistä. Muun muassa Flemming ja Remolona (1997) havaitsivat, että osakkeiden tuotot eivät seuraa satunnaiskulkua. Lisäksi muun muassa Clare ja Thomas (1994) sekä Cambell ja Hamao (1992) raportoivat osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen ennustettavuudesta.

##### 4.1 Volatilitteetti käsitteenä

Volatilitteetti samaistetaan usein kappaleessa 2.2.1 esiintyneeseen keskihajonnan käsitteeseen. Kaikille arvopapereille voidaan laskea niiden volatilitteetti. Volatilitteetti voidaan jakaa eri alaluokkiin. Rahoitusalan kirjallisuudessa tähän käsitteeseen liitetään historiallinen ja implisiittinen volatilitteetti(IV), jotka ovat usein tutkimuksen kohteena. Näitä molempia volatilitteetteja käytetään ennustamaan tulevaisuuden tuottoja arvopapereille. (Becker, Clements & Coleman-Fenn 2009: 2.) Sijoittajilla ja sijoitussalkun hoitajilla on tietty taso riskiä, jonka he sietävät. Hyvä ennuste tulevasta arvopaperin volatilitteetista sen voimassaoloajalle on hyvä lähtöpiste riskin määrittelemiselle. (Poon & Granger 2003: 478.)

##### 4.1.1 Historiallinen volatilitteetti

Historiallinen volatilitteetti voidaan mitata nimensä mukaan kohde-etuuden menneistä tuotoista. Se voidaan mitata mille periodille tahansa, mutta vain menneistä tuotoista. Kun ennustetaan volatilitteettia käyttäen osakkeen historiallisia tuottoja, peruslähtökohtana on, että jakson volatilitteetti on menneen volatilitteetin funktio ja hakeutuu pitkän ajan keskiarvoa kohden (Nikkinen ym.

2002: 211). Historiallinen volatilitiitti voidaan laskea esimerkiksi päivä, viikko tai kuukausi havainnoista. Tuotot saadaan korkoa korolle kaavasta, jonka Dubofsky (1992: 192) esittää seuraavasti:

$$(15) \quad R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

jossa,  $R_t$  on kohde-etuuden tuotto ajan hetkellä  $t$ ,  $P_t$  on kohde-etuuden hinta ajan hetkellä  $t$  ja  $\ln$  on luonnollinen logaritmi. Logaritmisiä tuottoja käytetään, koska niillä voidaan ketjuttaa peräkkäisiä tuottoja ja laskea niistä tuottojen keskiarvo. Keskiarvo saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$(16) \quad \bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N R_t$$

jossa  $\bar{R}$  on tuottojen keskiarvo ja  $N$  on havaintojen lukumäärä. Nyt pystytään määrittämään kohde-etuuden historiallinen volatilitiitti, joka voidaan ilmaista seuraavasti:

$$(17) \quad \sigma_h = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (R_t - \bar{R})^2}$$

Tuottojen keskiarvo oletetaan usein nolaksi laskettaessa historiallista volatilitiittia (Hull: 2009: 282). Jos volatilitiitti on laskettu tuottojen päivittäisistä muutoksista, saadaan se muutettua vuotuiseksi keskihajonnaksi seuraavalla kaavalla:

$$(18) \quad \sigma_{p.a} = \sigma \sqrt{252}$$

Luku 252 tulee vuodessa olevien kaupankäyntipäivien mukaan. Käytännössä, kun ennustetaan tulevaa volatilitiittia, käytetään kaupankäyntipäivien määrää, eikä kalenteripäivien määrää. (Hull 2009: 284.)

Käytettäessä historiallista volatilitteettia tulevaisuuden ennustamiseen, nousee esille kysymys: mikä olisi järkevä havaintojen määrä? Suurempi havaintojen määrä yleisesti johtaa parempaan tarkkuuteen ainakin tilastollisesti. Toisaalta liian pitkältä aikaväliltä käytetyt havainnot saattavat olla epäolennaisia ja väärää ennustetta. Kompromissi näiden välillä, joka on näyttänyt toimivan kohdittaisesti, on käyttää päivittäisiä tuottoja viimeiseltä 90–180 päivältä. (Hull 2009: 283.)

Jos volatilitteetti olisi vakio, voitaisiin kaavaa 17 käyttää luotettavasti ennustamaan kohde-etuuden varianssia. Se ei kuitenkaan aina ole vakio: joinakin periodeina volatilitteetti saattaa olla suhteellisen alhainen, kun taas jollain toisella periodilla se saattaa olla korkea. (Hull 2009: 477.) Tällöin sanotaan, että aikasarjalla on ajankohdasta  $t$  riippuva ehdollinen varianssi. Ehdollisen varianssin ennustaminen on tärkeitä sijoitusmarkkinoilla. Sijoittaja on kiinnostunut ennustamaan sekä sijoituksen odotettua tuottoa, että tuoton varianssia sijoitushorisontin sisällä. Tätä varten on kehitetty aikasarja malleja, jotka pyrkivät jäljitämään volatilitteetin muutoksen menneestä aikasarjasta, kun volatilitteetti ei ole vakio. Merkittävimpiä näistä malleista ovat ARCH (Engle 1982), joka on osoittanut, että on mahdollista estimoida samanaikaisesti sekä aikasarjan odotusarvo, normaalijakauman tapauksessa keskiarvo, että aikasarjan ehdollinen varianssi. Muita tärkeitä malleja ovat GARCH (Bollerslev 1986), EGARCH (Nelson 1991) ja Stokastinen volatilitteetin -malli (SV) (Taylor 1986).

#### 4.1.2 Implisiittinen volatilitteetti

Implisiittinen volatilitteetti kuvaa markkinoiden näkemystä option keskimääräisestä volatilitteetista sen voimassaoloaikana. Se toimii markkinoiden ennusteena option kohde-etuuden tuottojen tulevaisuuden vaihtelusta. (Yu, Lui & Wang 2009: 1.) Se on optioiden markkinahinnoista laskettu volatilitteetti, joka kuvaa optiomarkkinoiden epävarmuusoletuksia. Optio tarkoittaa oikeutta ostaa tai myydä kohde-etuus ennalta sovittuun hintaan. Implisiittinen volatilitteetti pysytään laskemaan ainoastaan niille arvopapereille, joiden optioilla käydään kauppaa. Erona historialliseen volatilitteettiin on se, että historiallinen volatilitteetti lasketaan menneistä arvoista, kun implisiittisen volatilitteetin lasketaan optioiden tämän hetkisistä markkinahinnoista (Hull 2009: 6, 297). Optioiden tämän hetkiset markkina-arvot puolestaan heijastavat sijoittajien odotuksia kohde-etuuden hinnan tulevasta liikkeistä. Implisiittinen volatilitteetti sisältää



siis sijoittajien tulevaisuuden odotukset kohde-etuutena olevan tuotteen hinnan vaihtelusta. (Alexander 2001: 28.)

Implisiittinen volatilitiitti optioille voidaan ratkaista Black-Scholes (1973) mallin, eli optioiden hinnoittelumallin perusteella. Option hinta muodostuu viiden muuttujan epälineaarisesta funktiosta. Nämä muuttujat ovat: kohde-etuuden hinta, riskitön korko, option toteutushinta, kohde-etuuden hinnan volatilitiitti ja option voimassaoloaika. Matemaattisessa muodossa se voidaan esittää seuraavalla kaavalla:

$$(19) \quad c = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$$

ja

$$(20) \quad p = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1)$$

joissa

$$(21) \quad d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$(22) \quad d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

joissa  $c$  on osto-option hinta,  $p$  on myynti-option hinta,  $T$  on maturiteetti,  $S_0$  on kohde-etuuden markkinahinta,  $K$  on toteutushinta,  $r$  on riskitön korkokanta ja  $\sigma$  on kohde-etuuden volatilitiitti.  $N(d_1)$  on eräänlainen todennäköisyys. Termi kuvaa ”kuinka paljon osakkeita pitää olla riskittömästä osakkeesta ja osto-optiosta muodostetussa portfoliossa. Tämä on option delta-arvo, joka kuvaa kuinka monta senttiä option hinta muuttuu, kun kohde-etuutena olevan osakkeen hinta muuttuu sentin” (Nikkinen ym. 2009: 2009).  $N(d_2)$  on todennäköi-

syys, joka voidaan tulkita siten, että optio on eräpäivänään arvokas, kun kohde-etuuden hinta on suuri suhteessa toteutushintaan. (Nikkinen ym. 2002: 209.)

Kaavasta voidaan laskea osto-option hinta tai myynti option-hinta. Kaava pystytään ratkaisemaan myös volatiliteetin suhteen käänteisfunktiona option hinnan suhteen. Implisiittisen volatiliteetin malli olettaa täydellisten markkinoiden olemassaoloa, jolloin arbitraasin mahdollisuutta ei ole (Alexander 2001:28).

Volatiliteetti on tärkein muuttuja johdannaisten hinnoittelussa (Poon & Granger 2003: 478). Monesti sijoittajat ovatkin kiinnostuneita juuri implisiittisestä volatiliteetista ja sillä käydään kauppaa mieluummin kuin option hinnalla, koska implisiittinen volatiliteetti on stabiilimpi kuin option hinta. Volatiliteettia ei tosin voida ratkaista suoraan Black-Scholesin hinnoittelumallista vaan arvo on ratkaistava iteratiivisesti. Tämä tarkoittaa, että oikea volatiliteetti saadaan testaamalla eri arvoja volatiliteetille sijoittamalla ne kaavaan. Implisiittinen volatiliteetti on sellainen arvo, joka hinnoittelumalliin sijoitettuna antaa option arvoksi sen markkinahinnan. Toinen käytetty menetelmä volatiliteetin ratkaisemiseen on Newton-Raphson-algoritmi. Menetelmässä tehdään alkuvaraus ja tätä tarkennetaan käyttämällä hyväksi option hinnan osittaisderivaattaa volatiliteetin suhteen. (Hull 2009: 79, 269.)

Implisiittisen volatiliteetin ominaisuuksina pidetään sen kykyä heijastaa osakkeiden odotetun volatiliteetin tasoa ja kuvastaa osakemarkkinoiden epävarmuutta (Connolly ym. 2005: 162). VIX -indeksi on mittari, joka mittaa markkinoiden odotuksia osakkeiden tuottojen volatiliteetista seuraavalta 30 päivältä. Vuonna 1993 VIX otettiin käyttöön ja se laskettiin S&P 100 (OEX) osakeindeksioptioista. Vuonna 2004 indeksiä ryhdyttiin laskemaan S&P 500 osakeindeksissä noteerattujen osakkeiden optioista. S&P 500 tarjoaa tarkemman näkemyksen sijoittajien odotuksista koskien markkinoiden volatiliteettia. VIX -indeksiä kutsutaan myös sijoittajien pelon mittariksi, koska indeksin ollessa korkealla tasolla, ovat osakemarkkinat yleensä hyvin volatiiliset ja laskevat voimakkaasti. VIX:n arvon ollessa alle 20, markkinoiden katsotaan käyttäytyvän melko stabiilisti, kun taas VIX:n ylittäessä arvon 30, heilahtelut heijastavat markkinoiden epävarmuutta. (Banjeree Doran & Petterson 2007: 3183–3184.) VDAX NEW jota käytetään tässä tutkielmassa noudattaa samoja periaatteita kuin VIX. VDAX NEW on laskettu saksan osakemarkkinoille.

## 4.2 Tutkimuksia aiheesta

Empiiriset tutkimukset historiallisen ja implisiittisen volatiliteetin paremmuudesta ennustaa tulevaa volatiliteettia eivät ole yksimielisiä. Asiaa on tutkittu parin viime vuosikymmenien aikana paljon. Suurin osa tutkimuksista on tehty Yhdysvaltojen markkinoilta.

Latané ja Rendleman (1976) vertailivat historiallisen ja implisiittisen volatiliteetin kykyä ennustaa tulevaa volatiliteettia. Tutkijat havaitsivat, että implisiittinen volatiliteetti on parempi tekemään ennusteita tulevaisuudesta: Eri Sopimuksista lasketuista implisiittisistä volatiliteeteistä voidaan laskea painotettu keskiarvo koko markkinoiden volatiliteetin määrittämiseksi. Tuloksena tästä seurasi, että keskiarvot korreloivat merkittävästi osakkeen todellisten keskihajontojen kanssa. Tämä tarkoittaa, että IV olisi parempi tuottojen ennustaja. Tutkimus on saanut kritiikkiä, koska se käytti historiallisen volatiliteetin laskemiseen kuukausi tuottoja neljältä vuodelta ennen tarkasteluperiodia, joka oli lokakuusta 1973 kesäkuuhun 1974.

Jorion (1995) raportoi implisiittisen volatiliteetin ennustavan paremmin tulevaa volatiliteettia kuin tilastollisen aikasarja mallin (GARCH). IV:n tosin havaittiin olevan harhainen, mikä saattaa vääristää tulosten tulkintaa. Tutkimus tehtiin vuosilta 1985–1992 päivittäisillä havainnoilla valuuttakurssi futuureilla ja fu-tuurien optioilla.

Day ja Lewis (1992) analysoivat IV:n ennustuskykyä S&P100 -indeksin optioista vuosilta 1983–1989. He havaitsivat, että IV kykenee ennustamaan merkitsevästi seuraavan viikon volatiliteettia. Toisaalta ei kuitenkaan välttämättä paremmin kuin aikasarjamallit. Ongelmana tässä tutkimuksessa oli, että ennusteet tuotoille eivät täsmänneet optioiden voimassaoloaikaan. Ennusteet ylsivät viikon pidemmälle kuin optioiden voimassaoloaika. Canina ja Figlewski (1993) tutkivat myös implisiittisen volatiliteetin kykyä ennustaa tulevaa volatiliteettia pohjautuen S&P 100 -indeksioptioihin vuosina 1983–1987. Implisiittisen volatiliteetin ei havaittu käytännössä korreloivan tulevaisuuden volatiliteetin kanssa ja tutkijat totesivat, että implisiittinen volatiliteetti on keho ennustaja tulevaisuudesta. Historiallisella volatiliteetilla havaittiin olevan parempi ennustuskyky. He kärsivät myös samasta ongelmasta kuin Day ja Lewis.

Vastakohtana kahdelle edelliselle tutkimukselle samasta S&P 100 optioindeksistä Christensen ja Prabhala (1998) puolestaan havaitsivat, että implisiittinen volatilitteetti oli parempi ennustamaan tulevaa volatilitteettia verrattuna historialliseen volatilitteettiin. Tutkimus tehtiin vuosilta 1983–1995. Tutkijat perustelevat eroa sillä, että he käyttivät pidempää aikasarjaa sekä eliminoivat päällekkäiset havainnot. Lisäksi he totesivat, että implisiittisen volatilitteetin harhaisuus johtui äkillisestä ja dramaattisesta osakekurssien romahduksesta lokakuussa 1987. Toisaalta romahdus oli kuitenkin todellisuutta ja IV ei sitä pystynyt ennakoimaan.

Poon ja Granger (2003) tekivät laajan vertailun 93 tutkimuksella tai vielä julkaisemattomalla tutkimuksella, joissa vertailtiin eri ennustusmallien paremmuutta. Seuraava taulukko mukailee Poon ja Granger (2003: 506) tutkimustuloksissa esitettyä taulukkoa ennustusmenetelmien paremmuudesta.

**Taulukko 1.** Volatilitteetin ennustusmallien paremmuus perustuen tutkimustuloksiin.

	Tutkimusten määrä	Tutkimusten määrä %
HISVOL>GARCH	22	56%
GARCH> HISVOL	17	44%
HISVOL>ISD	8	24%
ISD>HISVOL	26	76%
GARCH>ISD	1	6%
ISD>GARCH	17	94%
SV>HISVOL	3	
SV>GARCH	3	
GARCH>SV	1	
ISD>SV	1	

HISVOL on historiallinen volatiliteetti, joka mittaa muun muassa tuottojen ne-  
liöiden historialliset keskiarvot ja absoluuttiset tuotot. Myös historialliseen vo-  
latiliteettiin perustuvat aikasarjamallit, jotka perustuvat liukuviin keskiarvoihin,  
eksponentiaalisiin painoihin ja autoregressivisiin malleihin, kuuluvat tähän  
ryhmään. Kaikki tähän kategoriaan perustuvat mallit jättävät huomioimatta  
yhteensopivuuden asteen tuottojen jakauman tai esimerkiksi optioiden hintojen  
suhteen. GARCH kategoriaan kuuluvat kaikki tunnetut GARCH, ARCH,  
EGARCH jne. jäsenet. ISD on optioiden implisiittinen keskihajonta eli implisiit-  
tinen volatiliteetti. SV perustuu stokastisen volatiliteetin ennusteisiin.

66 tutkimusta 93:sta on otettu taulukkoon, sillä ne vertailevat pareittain tai use-  
ampia malleja keskenään. Lopuista 27 tutkimuksesta ei ollut hyötyä vertailtaes-  
sa näitä menetelmiä. Taulukon kokonaisvaltainen tarkastelu pohjalta, ISD eli  
implisiittinen volatiliteetti, olisi paras ennustemetodi. Taulukossa on vertailtu  
vain tuloksia ja saattaa siten myös vääristää johtopäätelmiä: eri tutkimukset  
ovat tehty eri syistä, eri aineistoilla, vertailtu eri arvopapereita tai intervalleilla  
yhdetä tunnista vuoteen, tai eri arvon määrittämistekniikoilla. Poon ja Granger  
(2005) toteavat kuitenkin jatkotutkimuksessaan, että IV dominoi aikasarjamalle-  
ja, koska optioiden hinnat sisältävät menneen tiedon lisäksi tulevaisuuden vola-  
tiliteetin odotukset. Koska implisiittistä volatiliteettia ei kuitenkaan voida las-  
kea kaikille arvopapereille, on historialliseen volatiliteettiin perustuvat mittarit  
myös huomioitava.

Uudemmissa tutkimuksissa löytyy myös eriäviä tuloksia historiallisen ja impli-  
siittisen volatiliteetin kyvystä ennustaa tulevaa volatiliteettia. Koopman, Jung-  
backer ja Hol (2005) vertailivat ennustuskykyä historiallisen volatiliteetin, im-  
pliciittisen volatiliteetin ja realisoituneen volatiliteetin välillä. Realisoitunut vola-  
tiliteetti lasketaan erittäin lyhyeltä väliltä. Se lasketaan yhdelle päivälle esimer-  
kiksi minuutin välein tapahtuvien muutoksien. Realisoitunut volatiliteetti kuuluu  
historiallisen volatiliteetin kategoriaan. Analysointi tapahtui Tammikuusta 1997  
Marraskuuhun 2003. Kohteena oli S&P 100 osakeindeksi. Aikasarjoihin perus-  
tuvien mallien ennustuskyvyn havaittiin olevan parempi kuin implisiittisen  
volatiliteetin. Banjeree ym. (2007) puolestaan havaitsivat, että VIX toimii hyvin  
tuottojen ennustajana.

Becker, Clements ja McClelland (2009) keskittyivät implisiittisen volatiliteetin  
kykyyn ennakoita, kun osakkeiden hinnat eivät liiku tasaisesti, vaan tapahtuu

poikkeama, jolloin hinnat hyppäävät. Tätä kutsutaan ehdolliseksi tuottosarjan ehdolliseksi varianssiksi. He vertasivat tätä regressiomalleihin, jotka käyttävät historiallista volatilitteettia ennustamiseen. Tuloksista tutkijat toteavat, että yleisimmät historialliseen volatilitteettiin perustuvat ennustusmallit tasaavat historialliset volatilitteetin estimaatit. Implisiittinen volatilitteetti pystyy reagoimaan eri tavalla hinnan muutoksiin, koska se lasketaan tämän hetken markkinahinnnoista. Tutkijat havaitsivat, että volatilitteetti-indeksi VIX pystyy ennakoimaan S&P 500 -indeksin normaalista hinnan liikkeistä poikkeavia muutoksia.

Implisiittinen volatilitteetti lasketaan käytännössä osakkeille. Velkakirjoille ei ole olemassa vastaavanlaista indeksiä. Implisiittisen volatilitteetin tiedetään kuvaavan osakemarkkinoiden epävarmuusoletuksia. Kun osakemarkkinoiden epävarmuus kasvaa, jolloin tuottojen heilahtelut ovat suuria, kasvaa myös implisiittisen volatilitteetin arvo. Tämän vaikutusta osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen väliseen korrelaatioon on alettu tutkia viime vuosina.

Connolly ym. (2005) havaitsivat, että osakemarkkinoiden kasvavalla epävarmuudella on negatiivinen suhde osakkeiden ja velkakirjojen väliseen korrelaatioon. Tutkimus tapahtui Yhdysvaltojen markkinoilta vuosilta 1986–2000. Connolly ym. (2007) jatkoivat tutkimustaan jakamalla osakkeet eri portfolioihin niiden riskin mukaan. Riskin mittarina käytettiin beeta-kerrointa. Kun implisiittinen volatilitteetti kasvoi, negatiivinen korrelaatio kasvoi voimakkaimmin suuren riskin omaavien osakkeiden ja velkakirjojen välillä. Lisäksi tutkijat laajensivat aineistoaan käsittämään myös Saksan ja Iso-Britannian. Tulokset olivat samankaltaisia Yhdysvaltojen markkinoiden kanssa: Kasvava osakemarkkinoiden epävarmuus nosti todennäköisyyttä negatiiviselle korrelaatiolle seuraavalle kuukaudelle osakkeiden ja velkakirjojen välillä. Havaintojakso sijoittui vuosille 1992–2002.

Andersson ym. (2008) havaitsivat myös osakkeiden ja velkakirjojen hintojen irtaantumista (decoupling kts. s. 25), kun implisiittisen volatilitteetin arvo kasvoi. Korrelaatiot kääntyivät negatiiviseksi, kun osakemarkkinat kärsivät kasvavasta epävarmuudesta. He käyttivät aineistona myös Yhdysvaltojen, Saksan ja Iso-Britannian markkinoita vuosilta 1992–2006. Lisäksi he tutkivat inflaation ja bruttokansantuotteen kasvun vaikutusta osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen väliseen korrelaatioon. Inflaatio-odotusten ollessa korkealla, osakkeiden ja vel-

kakirjojen tuotot liikkuivat pääsääntöisesti samaan suuntaan. Korrelaatioiden muuttuessa negatiivisiksi, inflaatio-odotukset olivat pienimmillään.

## 5. AINEISTO

Empiirisessä tutkimuksessa käytettävä aineisto koostuu päivähavainnoista ajalta 1.1.1999–8.3.2010. Aineisto on kerätty Datastream tietokannasta. Luvussa esitellään ensin aineisto. Tämän jälkeen käydään läpi, miten aineistoa on käsitelty sekä kuvataan sen tilastollisia ominaisuuksia ja havainnollistetaan graafisesti tutkielman kannalta olennaisia asioita aineistosta.

### 5.1 Tutkielmassa käytettävät sijoitushyödykkeet

DAX 30 -indeksi on osakeindeksi, joka muodostuu 30:sta kaupankäynnin voilyymin ja markkina-arvon mukaan suurimmasta yrityksestä Frankfurtin arvopaperipörssissä noteerattua osakkeesta. Indeksillä on avoin yritysille, joiden pääkonttori sijaitsee Saksassa tai joiden pääkonttori sijaitsee Euroopan Unionissa tai EFTA maissa, mutta suurin osa osakkeiden kaupankäynnistä tapahtuu Frankfurtin pörssissä. (Deutsche Börse AG 2010.)

RDAX -indeksi puolestaan koostuu DAX 30:ssa noteerattujen yritysten velkakirjoista. Indeksillä johdetaan reaaliaikaisista velkakirjojen hinnoista, jotka saadaan yhdistämällä kymmenen suuren rahoitusinstituution kaupankäyntitiedot. Jotta velkakirja noteerattaisiin RDAX:issa, täytyy niiden täyttää seuraavat ehdot: yrityksen velkakirja, luottoluokituksen täytyy kuulua investointiluokkaan, maturiteetti minimissään yksi vuosi ja liikkeelle laskettujen velkakirjojen nimellisarvon on oltava minimissään 500 miljoonaa euroa. RDAX tasapainotetaan kuukausittain. Tämä tarkoittaa, että velkakirjojen täytyy täyttää edellä mainitut ehdot ja sen täytyy pysyä indeksissä koko kuukauden ajan. Indeksiin on laskettu kunkin velkakirjan painotettu osuus sen arvosta, jota ei ole vielä maksettu velkakirjan haltijoille. Kuponkien muutokset huomioidaan siten, että niiden muutokset huomioidaan niistä päivistä, kun ne muuttuvat. (Deutsche Börse AG 2005.)

VDAX-NEW -volatiliteetti-indeksiä käytetään tutkielmassa implisiittisenä volatilititeettina. Se perustuu DAX 30 osakkeiden optioista laskettuun odotettuun volatilititeettiin seuraavalle 30 päivälle. Indeksillä arvot kertovat vuotuisen prosentuaalisen muutoksen implisiittisessä volatilititeetissa. Esimerkiksi, jos VDAX-



NEW -indeksin arvo on 20 prosenttia ja DAX 30:n arvo on 4000 pistettä. Tällöin odotettu DAX 30:n vaihtelu seuraavalle 30 päivälle (22 kaupankäyntipäivälle) tapahtuu 3770 ja 4230 pisteen välillä. Koska arvo on ilmoitettu vuotuisena muutoksena, saadaan seuraavan 30 päivän DAX 30 -indeksin odotettu vaihtelu hyödyntämällä kaavaa 18:  $20\%/\sqrt{12} \approx 5,75\%$ . Kertomalla DAX 30:n arvo lasketulla kuukausivaihtelulla, saadaan odotetuksi vaihteluksi 230 pistettä molempiin suuntiin. Mitä isompi VDAX-NEW:n arvo on, sitä suuremmaksi odotettu vaihtelu kasvaa. Toisin sanottuna suurempi arvo kuvastaa suurempaa epävarmuutta markkinoilla, koska arvon kasvaessa, osakeindeksin odotettu vaihtelu kasvaa. Tästä syystä volatilitteetti-indeksiä kutsutaan myös (mm. Whaley 2000; Connolly ym. 2005) sijoittajien pelon mittariksi. tästä eteenpäin indeksistä käytetään nimitystä VDAX. (Deutsche Börse AG 2006.)

Valtioiden velkakirjoina on käytetty Saksan valtion 10 vuoden joukkovelkakirjaa (BMBD10Y) ja Suomen valtion 10 vuoden joukkovelkakirjaa (BMFN10Y). Saksan valtion velkakirjasta käytetään lyhennettä BD ja Suomen valtion velkakirjasta FN.

## 5.2 Aineiston käsittely ja tilastolliset ominaisuudet

Aineistoon on kerätty indeksien päivittäiset päätösarvot ajalta 4.1.1999–8.3.2010. Vain kaupankäyntipäivät on huomioitu. Havaintojen lukumääräksi koostuu täten 2916 jokaiselle aikasarjalle. Päivittäisiä tuottoja käytetään, koska implisiittinen volatilitteetti on laskettu jokaiselle päivälle erikseen. Näin ollen tuotot täytyy laskea myös jokaiselle päivälle, jotta niiden yhteyttä voitaisiin vertailla. Levy, Guttman ja Tkatch (2001:1150) ottavat kantaa aineiston intervallin (päivä, viikko, kuukausi jne.) valintaan. Tutkimukset eivät ota usein kantaa, miksi jokin tietty intervalli on valittu. Tämä saattaa aiheuttaa vääriä johtopäätelmiä. Esimerkiksi, jos päätöksenteko perustuu vuosihavaintoihin, vaikka kuukausihavainnot olisivat relevantimpia.

Connolly ym. (2005) laskivat päivittäiset tavalliset tuotot aikasarjahavainnoista. Tutkijat eivät käyttäneet logaritmoituja tuottoja. Jos tuotot esiintyisivät harvemmin, voisi ongelmaksi tulla jakauman symmetrisyys. Osakkeiden ja velkakirjojen tuotot voivat ylittää 100 prosenttia, mutta ne eivät voi alittaa –100 prosenttia. Tällöin tuottojakauma ei olisi symmetrisesti jakautunut. Ongelma voi-

daan välttää käyttämällä logaritmoituja tuottoja. Kun käytetään päivittäisiä tai tiheämmin laskettuja tuottoja, ei ole suurta merkitystä käytetäänkö logaritmoituja vai tavallisia tuottoja, koska tuottojen vaihtelut eivät ole niin suuria. Tässä tutkielmassa tuottojen laskemiseen on käytetty Connolly ym. (2005) käyttämää menetelmää.

Päivittäiset tuotot ( $R_t$ ) on laskettu aikasarjahavainnoista seuraavasti:

$$(23) \quad R_t = \frac{(P_t - P_{t-1})}{P_{t-1}}$$

Toteutuneiden tuottojen laskemisen jälkeen lasketaan riskittömän koron ylittävät tuotot. Riskittömänä korkona on käytetty kolmen kuukauden euriboria. ”Riskitön sijoituskohde on teoreettinen käsite, jolle voidaan etsiä käytännön vastineita markkinoilta” (Niskanen & Niskanen: 2000:209). Amerikkalaisissa tutkimuksissa kolmen kuukauden lyhyt valtion laina (T-Bill) on yleisesti käytetty vastine riskittömälle korolle. Euroopassa puolestaan kolmen kuukauden euribor on yleisesti käytetty vastine.

Riskittömän koron ylittävät tuotot on laskettu seuraavasti:

$$(24) \quad R_{et} = r_t - r_{0t}$$

missä,  $R_{et}$  on riskittömän koron ylittävä tuotto ja  $r_{0t}$  on riskitön korko.

Tämän jälkeen toteutuneiden tuottojen eli niin sanottujen raaka-tuottojen ja riskittömän koron ylittävien tuottojen välinen korrelaatio on laskettu jokaiselle tutkielmassa käytettävälle sijoitushyödykkeelle (DAX 30, RDAX, BD ja FN). Korrelaatio DAX 30:n raaka-tuoton ja riskittömän koron ylittävän tuoton välillä on 0,999. Sama tulos (0,999) saadaan myös kaikille velkakirjoille. Koska korrelaatio on lähes yksi, ei ole käytännössä väliä kumpia tuottoja käytetään. Tästä eteenpäin tutkielmassa käytettävät tuotot ovat raaka-tuottoja.

Taulukko 1. raportoi aikasarjojen tilastolliset ominaisuudet ja muuttujien väliset ei-ehdolliset korrelaatiot tarkastelujaksolta 4.1.1999–8.3.2010. Osakkeiden ja velkakirjojen tuotot ja keskihajonnat ovat päivätuottoja ja päivähajontoja. Implisiittinen volatilitiitin (VDAX) päivittäiset muutokset on laskettu indeksin

arvon muutoksista, mikä on siis ilmoitettu vuotuisena prosentuaalisina keskihajonta yksikköinä (VDAX taso). VDAX% on indeksin prosentuaalisista muutoksista laskettu.

**Taulukko 2.** Tilastolliset ominaisuudet ja korrelaatiot.

Tilastolliset ominaisuudet						
	DAX 30	RDAX	BD	FN	VDAX%	VDAX taso
Keskiarvo	0.018749	0.000590	0.002925	0.002527	0.107784	26.16170
Mediaani	0.045493	0.004752	0.003755	0.000620	-0.217823	23.77000
Maximi	11.40195	0.905639	1.624226	1.411041	40.01754	83.23000
Minimi	-8.492269	-0.874925	-1.377752	-1.215443	-19.07720	11.65000
Keskihajonta	1.627953	0.203256	0.336578	0.315903	5.076648	10.74667
Vinous	0.190004	-0.392556	-0.155465	-0.113109	1.034691	1.479085
Huipukkuus	7.686348	4.535486	4.409715	4.314079	7.544300	5.496222
Jarque-Bera	2685.912	361.3554	253.2029	216.0244	3029.360	1820.925
Havaintojen lkm.	2916	2916	2916	2916	2916	2916
Korrelaatiot						
	DAX 30	RDAX	BD	FN	VDAX	
DAX 30	1.000000	-0.208012	-0.311454	-0.304143	-0.668710	
RDAX	-0.208012	1.000000	0.769828	0.835778	0.141163	
BD	-0.311454	0.769828	1.000000	0.932111	0.239579	
FN	-0.304143	0.835778	0.932111	1.000000	0.226505	
VDAX	-0.668710	0.141163	0.239579	0.226505	1.000000	

Tutkielman kannalta oleelliset korrelaatiot ovat velkakirjojen ja osakeindeksin väliset korrelaatiot ja FN:n ja BD:n välinen korrelaatio. Taulukon 2 ensimmäiseltä riviltä nähdään, että havaintojakson ei-ehdollinen korrelaatio osakeindeksin ja velkakirjojen välillä on negatiivinen. Volatiliteetti indeksin ja osakeindeksin välinen korrelaatio on odotetusti negatiivinen -0,66, mikä kertoo, että kun epävarmuus osakemarkkinoilla kasvaa, osakekurssit yleensä laskevat.

Connolly ym. (2005) tutkimuksessa korrelaatio Yhdysvaltojen markkinoilta ajalta 1986–2000 oli positiivinen arvolla 0,22. Kim ym. (2006) havaitsivat kuitenkin negatiivista korrelaatiota euro alueen markkinoilla vuoden 1999 jälkeen. Heidän tutkimuksensa ylsi vuoteen 2003 asti. Syinä negatiiviseen korrelaatioon osakkeiden ja velkakirjojen välillä pidettiin uuden valuutan tuomaa epävarmuutta sijoittajissa, sekä suurten euromaiden, kuten Saksan, makroekonomisista tekijöistä johtuvaa heikompaa taloudellisen kasvun aikaa vuosituhannen alussa.

Kuvio 2 kuvastaa graafisessa muodossa VDAX-NEW -volatiliteetti-indeksin muutoksia ja kuvio 3 DAX 30 osakeindeksin muutoksia.



**Kuvio 2.** Implisiittisen volatiliteetin tason muutos vuotuisina keskihajontayksiköinä.

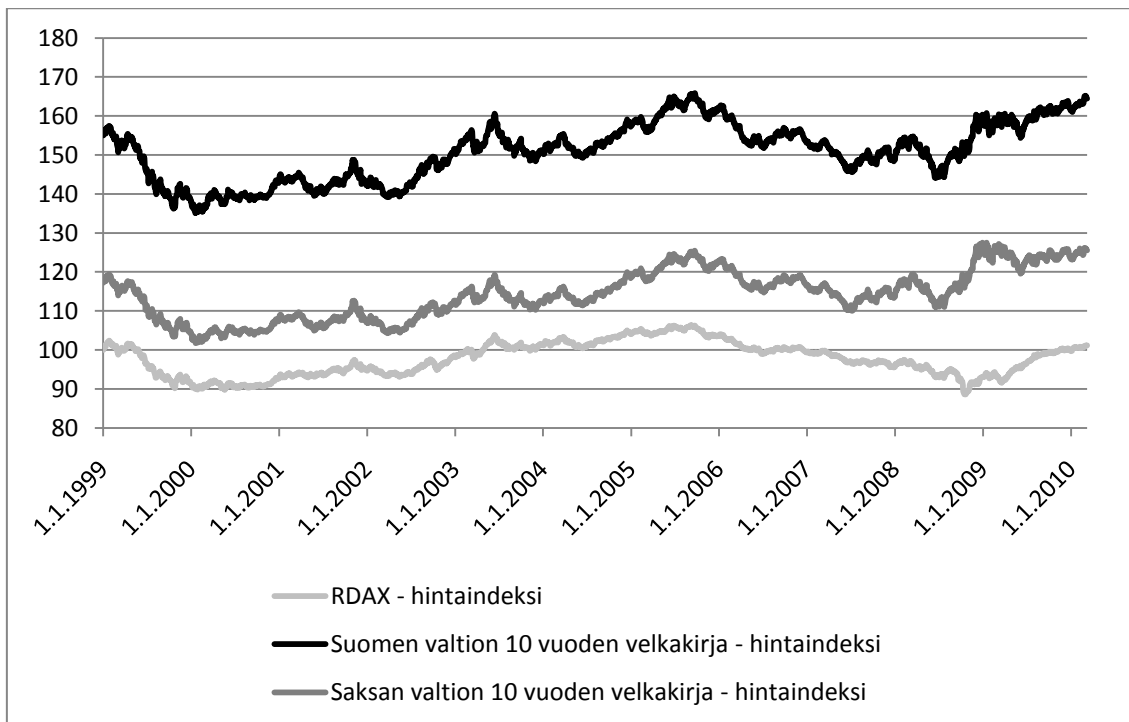


**Kuvio 3.** DAX 30 osakeindeksin muutos.

1990-luvun puolivälin jälkeen osakekurssit alkoivat nousta nopeasti kohdaten huippunsa maaliskuussa 2000. Inflaation kasvu ja pelko osakemarkkinoiden ylikuumenemisesta saivat osakekurssit laskuun nopeasti tämän jälkeen. Kurssit laskivat nopeasti aina vuoteen 2003 asti, ennen kuin osakekurssit kääntyivät nousuun. (Forster 2005: 1.) Kurssien laskiessa nopeasti vuosina 2000–2003, on havaittavissa kaksi jyrkempää laskua. 11.9.2001 terrori iskut aiheuttivat suurta epävarmuutta markkinoilla ja DAX 30 menetti yli 33 prosenttia arvostaan vuoden 2001 loppuun mennessä. Seuraava romahdus tapahtui 2002 alussa, kun kurssit eivät olleet toipuneet vielä kokonaan edellisestä romahduksesta. Markkinoiden epävarmuuteen vaikutti tällöin monet tekijät. Muun muassa (King & Wadhvani 1990; Markwat ym. 2009) totesivat, että markkinoiden epävarmuus leviää osakemarkkinoilta toisille. Vuoden 2002 kasvavaan epävarmuuteen vaikuttivat monet tekijät niin muualla maailmassa kuin Saksassakin. Kirjanpitoskandaali Yhdysvalloissa oli yksi vaikuttava tekijä. Epävarmuus sodan syttymisestä Yhdysvaltojen ja Irakin välille vaikutti markkinoihin. Saksan talouden kasvu oli hidastunut, joka vaikutti voimakkaasti sijoittajiin. Talouden lähdettyä kasvuun seurasi useamman vuoden tasaisen kasvun periodi, jolloin osakekurssit nousivat tasaisesti. Pankkikriisin puhjettua alkoivat kurssit jälleen laskea.

Kuvioista näkyy, miten osakekurssit reagoivat implisiittisen volatiliteetin tason muutoksiin. Kuviossa 2 on kolme ajanjaksoa, jolloin implisiittinen volatiliteetti on noussut voimakkaasti. Ensimmäinen nousu on tapahtunut 11.9.2001, jonka aiheutti New Yorkin terrori-iskut. Samaan aikaan DAX 30 romahti yli 6000 pisteestä alimmillaan alle 4000 pisteen ennen vuoden 2001 loppua. Seuraava korkeamman implisiittisen volatiliteetin ajanjakso on alkanut alkuvuodesta 2002. Kuvioista näkyy, että VDAX on pysynyt normaalia korkeammalla tasolla pitkälle vuoteen 2003 asti, jonka jälkeen se on lähtenyt laskemaan. DAX 30 on tällöin laskenut melko voimakkaasti koko saman periodin. Kolmas piikki ajoittuu meillä olevaan talouskriisiin. Jälleen DAX 30 toimii peilikuvana implisiittiselle volatiliteetille. Väliin mahtuu myös rauhallisempi ajanjakso, jolloin VDAX:in vaihtelu on ollut melko stabiilia. Tällöin talous on kasvanut tasaisesti. Kuvioista huomataan hyvin, miksi implisiittistä volatiliteettia kutsutaan myös sijoittajien pelon mittariksi.

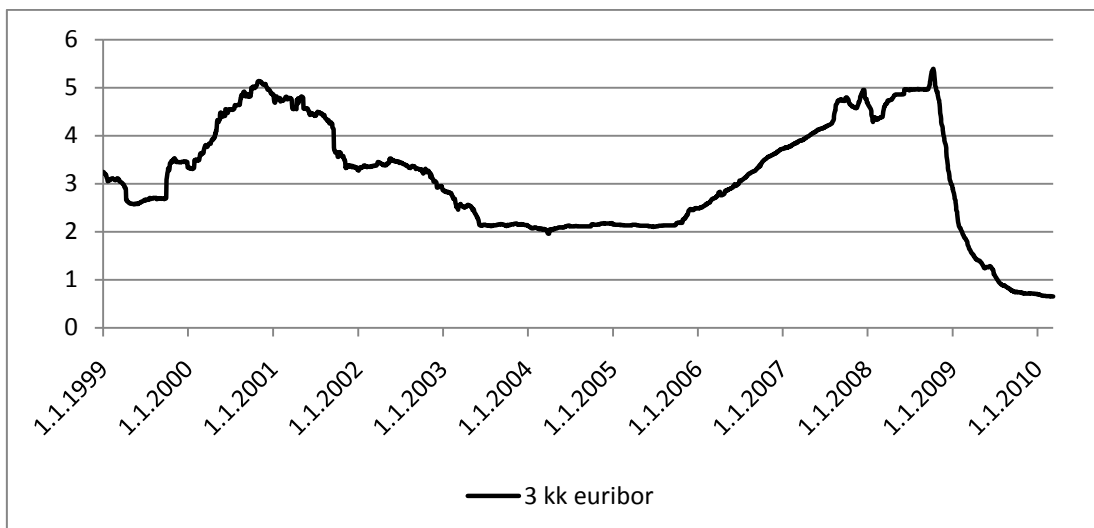
Kuvioista 4 nähdään tutkielmassa käytettävien velkakirjojen hintaindeksien muutokset.



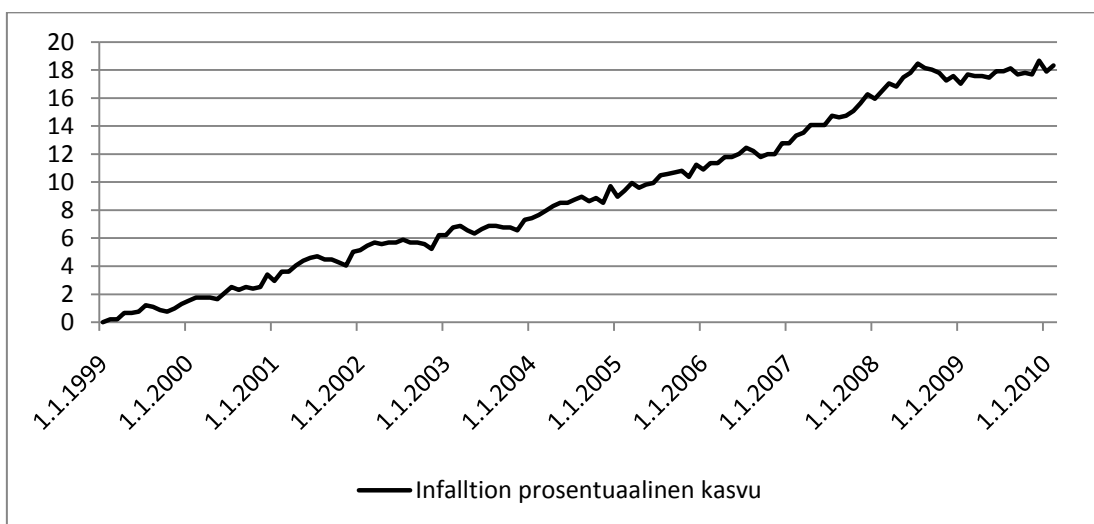
**Kuvio 4.** Veklakirjojen hinnan muutokset.

Kuviosta 4 havaitaan, miten velkakirjojen tuotot eroavat osakeindeksistä. Kuvajat käyttäytyvät rauhallisemmin ja yhtä suuria vaihteluja ei ole havaittavissa kuin osakkeilla. Campell ja Ammer (1993) totesivat, että inflaatio-odotukset ja koron nousut ovat merkittävimpiä tekijöitä, jotka vaikuttavat velkakirjojen hintoihin. Kun verrataan kolmen kuukauden euriboria (kuvio 5.) ja velkakirjojen tuottoja, on havaittavissa selkeä negatiivinen yhteys. Korkojen laskiessa tai pyysessä alhaisella tasolla, velkakirjojen hinnoissa on havaittavissa nouseva trendi. Kun taas korot ovat lähteneet nousemaan, velkakirjojen hinnat ovat kääntyneet puolestaan laskuun. Kaavasta 1 s. 13 käy hyvin ilmi, silloin kun tuottovaahtimus  $r$  nousee, velkakirjojen hinnat laskevat ja päinvastoin.

Inflaatio on noussut tasaisesti noin 2 prosentin vuotuisella kasvulla lähes koko havaintoperiodin. Vuoden 2008 syksystä inflaation kasvu on pysähtynyt. Campell ja Ammer (1993) totesivat, että inflaatio on tekijä, joka voisi aiheuttaa negatiivista korrelaatiota osakkeiden ja velkakirjojen välille, koska se vaikuttaa velkakirjoilla tuotto-odotuksiin, mutta osakkeille sillä saattaa olla positiivista vaikutusta kasvavien kassavirtojen johdosta. Andersson ym. (2008) havaitsivat osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen korrelaation muuttuvan negatiiviseksi, kun inflaatio-odotukset olivat pienimmillään. Kuviosta 6. nähdään Saksan inflaatiotason kehittyminen. Inflaation kasvu on laskettu Saksan kuluttajaindeksistä (BD CPI 1975=100 NADJ). Indeksi on vaihdellut arvojen 196–234 välillä. Indeksien lähtöpiste on ollut 100 vuonna 1975. Inflaatio on kasvanut tasaisesti noin kahden prosentin vuotuisella vauhdilla. Vuonna 2008 inflaation kasvu on pysähtynyt.



**Kuvio 5.** Kolmen kuukauden euriborin prosentuaalinen muutos.



**Kuvio 6.** Inflaation prosentuaalinen muutos.

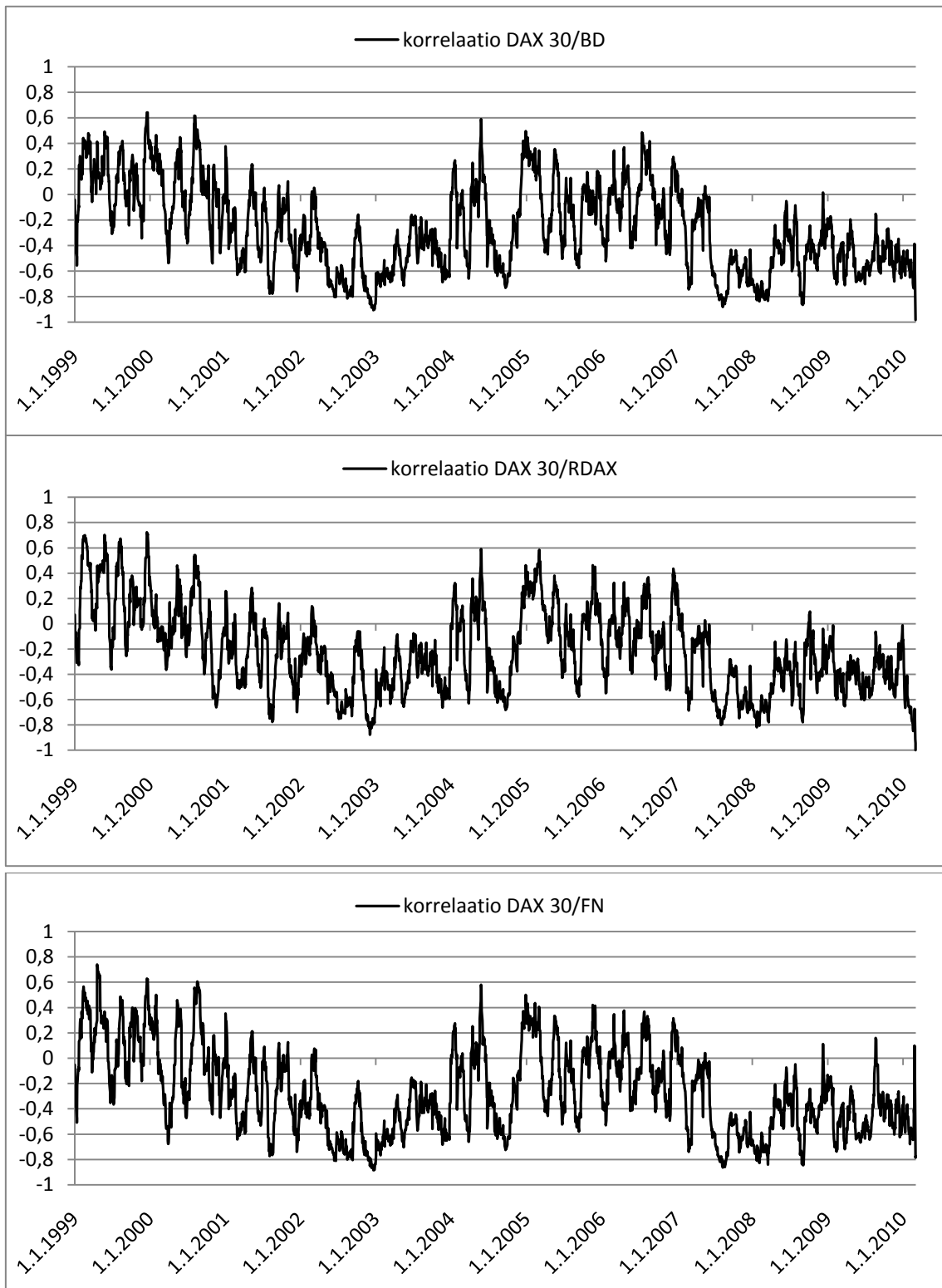


Seuraava kuvio kuvastaa 22 kaupankäyntipäivän korrelaatiota osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välillä. Korrelaatiot on laskettu jokaiselle päivälle liukuvana keskiarvona ajanhetkestä  $t$  ajanhetkeen  $t+21$ . Korrelaatiot on laskettu seuraavan kaavan mukaisesti.

$$(25) \quad \rho(r_1, r_2 : IV_{t-1}) = \frac{\sum_{i=0}^{21} (r_{1,t+i} - \bar{r}_1)(r_{2,t+i} - \bar{r}_2)}{\sqrt{\sum_{i=0}^{21} (r_{1,t+i} - \bar{r}_1)^2} \sqrt{\sum_{i=0}^{21} (r_{2,t+i} - \bar{r}_2)^2}}$$

missä  $r_1$  on osakkeen tuotto ja  $r_2$  on velkakirjan tuotto.

Kuvio 7. kuvaa 22 kaupankäyntipäivän korrelaatioita, joista huomataan, että korrelaatiot liikkuvat enimmäkseen nollan alapuolella. Kuviosta on kuitenkin havaittavissa selkeämpiä ajanjaksoja, jolloin korrelaatio on pysynyt pidemmän aikaa negatiivisena. Vuoden 2002 alkupuolelta vuoteen 2004 korrelaatiot ovat pysyneet koko periodin negatiivisena. Toinen selkeä negatiivisen korrelaation jakso näkyy kaikilla tuotteilla alkaen vuoden 2007 kesästä. Negatiivisen korrelaation jakso on jatkunut tutkimusperiodin loppuun asti.



**Kuvio 7. 22** kaupankäyntipäivän liukuvat korrelaatiot.

## 6. MENETELMÄT JA TUTKIMUSTULOKSET

Luku jakaantuu neljään eri kappaleeseen. Jokaisessa kappaleessa käydään läpi ensin menetelmät, joita on käytetty kappaleessa saatujen tulosten muodostamiseksi. Tämän jälkeen on esitelty tulokset ja niiden analysointi.

### 6.1 Osakkeiden ja velkakirjojen päivätuottojen ennustettavuus

Koska tutkielma perustuu oletukseen, että edellisen päivän tuotot eivät selitä seuraavan päivän tuottoja, katsotaan ensin, onko edellisen päivän tuotoilla selitysarvoa tämän päivän tuotoille. Testaus tapahtuu seuraavanlaisilla regressioilla osakkeille ja velkakirjoille.

$$(26) \quad B_t = \alpha_0 + \alpha_1 B_{t-1} + \alpha_2 S_{t-1} + u_t$$

ja

$$(27) \quad S_t = \alpha_0 + \alpha_1 S_{t-1} + \alpha_2 B_{t-1} + u_t$$

joissa,  $B_t$  on velkakirjan tuotto,  $S_t$  on osakkeen tuotto,  $\alpha_1$  ja  $\alpha_2$  ovat kertoimia,  $\alpha_0$  on vakio ja  $u_t$  on satunnaismuuttuja.

Regressioilla lasketuista tuloksista ainoastaan RDAX:in tuottoja selittää edellisen päivän osakkeiden ja RDAX:in tuotot.  $\alpha_1$  RDAX:ille on 0,11 ja  $\alpha_2$  0,013. Selityssaste jää kuitenkin alle 1,9 prosenttiin. Muille velkakirjojen ja osakeindeksin tuotoille tulokset eivät olleet tilastollisesti merkittäviä, kuten lähtökohtaisesti oletettiin. Velkakirjojen tuottoja on helpompi ennakoida kuin osakkeiden, koska tulevat kassavirrat tiedetään paremmin (Nikkinen ym. 2002: 12). Toisaalta tilastollisesta näkökulmasta asia ei välttämättä ole yhtä yksinkertainen, koska sillä mitataan tarkkoja muutoksia. RDAX:illa on kaikista tutkielmassa käytettävistä velkakirjoista pienin keskihajonta. Selkeä tasaisen nousun ja laskun trendi on lisäksi havaittavissa (kts. kuvio 4.). Tämä saattaa selittää tilastollisen merkittävyyden sille, että edellisen päivän velkakirjan tuotot selittävät hieman seuraavan päivän tuottoja. Fama ja French (1989) havaitsi, että mitä pidempi aikasarja ja mitä pienempi tuottojen hajonta on, sitä suuremmaksi selityssaste velkakirjojen tuottojen ennustettavuudelle nousee.

## 6.2 Korrelaatioiden muutoksen arviointi historiallisista tuotoista

Tarkoituksena on selvittää, miten korrelaatio osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välillä kasvaa seuraavan kuukauden aikana, osakemarkkinoiden epävarmuuden kasvaessa. Hypoteesi ja vastahypoteesi ongelmalle ovat seuraavat:

H0: Implisiittisen volatiliteetin tason kasvaessa osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio kasvaa.

H1: Implisiittisen volatiliteetin tason kasvaessa osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio ei kasva.

Osakkeiden ja velkakirjojen tuotoille lasketaan havaintojakson jokaiselle päivälle seuraavan 22 kaupankäyntipäivän liukuvat korrelaatiot kaavan 25 mukaan (kts. s. 48) ajanhetkelle  $t - t+21$ . Tällä menetelmällä saaduilla tuloksilla hypoteesit joko hylätään tai hyväksytään. Osakemarkkinoiden epävarmuutta kuvataan implisiittisellä volatiliteetilla. Implisiittinen volatiliteetti jaetaan yhdeksään eri tasoon. Korrelaatiot jaetaan ryhmiin riippuen implisiittisen volatiliteetin tasosta ajanhetkellä  $t-1$ . Alimmalla tasolla implisiittisen volatiliteetin taso on matala eli osakemarkkinoiden pitäisi käyttäytyä rauhallisesti. Tämän jälkeen implisiittisen volatiliteetin tasoa kasvatetaan. Kun implisiittisen volatiliteetin taso nousee, niin osakemarkkinoiden volatilisuu den pitäisi kasvaa, joka yleensä tarkoittaa osakekurssien laskua. Velkakirjojen tuottojen ei oleteta reagoivan yhtä voimakkaasti osakemarkkinoiden laskuun, vaan niiden oletetaan toimivan suojaavana sijoitushyödykkeenä. Koska ei-ehdollinen korrelaatio havaintojaksolta on negatiivinen kaikkien velkakirjojen tuottojen ja osakeindeksin tuottojen välillä, on todennäköistä, että negatiivinen korrelaatio osakkeiden ja velkakirjojen välillä kasvaa, kun osakemarkkinoiden epävarmuus kasvaa.

Korrelaatiot on laskettu 22 kaupankäyntipäivälle, koska se vastaa VDAX:in maturiteettia. Tämän jälkeen on laskettu päivien lukumäärä, jolloin korrelaatio on ollut negatiivinen ja jaettu ne havaintojen lukumäärällä.

Seuraavista taulukoista nähdään, miten korrelaatiot osakkeiden ja velkakirjojen välillä ovat käyttäytyneet, implisiittisen volatiliteetin kasvaessa. Taulukot kuvaavat VDAX:n tason muutokset ja tätä seuraavan 22 kaupankäyntipäivän korrelaation muutoksen osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välillä.

**Taulukko 3.** RDAX -indeksin tuottojen ja DAX 30 -indeksin tuottojen 22 kaupankäyntipäivän välinen korrelaatio.

<b>VDAX taso</b>	<b>havaintojen lukumäärä</b>	<b>tod.näk korr&lt;0</b>	<b>korrelaatio</b>	<b>mediaani (korr.)</b>
VDAX kaikki	2914	75,50 %	-0,21	-0,24
VDAX>60	31	100%	-0,29	-0,26
VDAX>50	137	100,00 %	-0,39	-0,4
VDAX>45	239	98,33 %	-0,41	-0,42
VDAX>40	344	96,51 %	-0,40	-0,42
VDAX>35	476	93,07 %	-0,36	-0,39
VDAX>30	692	89,45 %	-0,32	-0,37
VDAX>25	1279	84,05 %	-0,28	-0,34
VDAX>20	2023	80,87 %	-0,26	-0,31
VDAX<20	891	63,30 %	-0,11	-0,10

**Taulukko 4.** BD tuottojen ja DAX 30 -indeksin tuottojen 22 kaupankäyntipäivän välinen korrelaatio.

<b>VDAX taso</b>	<b>havaintojen lukumäärä</b>	<b>tod.näk korr&lt;0</b>	<b>korrelaatio</b>	<b>mediaani (korr.)</b>
VDAX kaikki	2914	76,25 %	-0,42	-0,32
VDAX>60	31	100%	-0,42	-0,43
VDAX>50	137	98,54 %	-0,50	-0,50
VDAX>45	239	98,33 %	-0,53	-0,57
VDAX>40	344	96,51 %	-0,50	-0,56
VDAX>35	476	93,28 %	-0,46	-0,49
VDAX>30	692	87,14 %	-0,41	-0,48
VDAX>25	1279	83,11 %	-0,36	-0,43
VDAX>20	2023	80,18 %	-0,32	-0,60
VDAX<20	891	67,34 %	-0,15	-0,13

**Taulukko 5.** FN tuottojen ja DAX 30- indeksin tuottojen 22 kaupankäyntipäivän välinen korrelaatio.

<b>VDAX taso</b>	<b>havaintojen lukumäärä</b>	<b>tod.näk korr&lt;0</b>	<b>korrelaatio</b>	<b>mediaani (korr.)</b>
VDAX kaikki	2914	77,45 %	-0,26	-0,32
VDAX>60	31	100%	-0,42	-0,45
VDAX>50	137	98,54 %	-0,50	-0,51
VDAX>45	239	97,91 %	-0,53	-0,58
VDAX>40	344	95,93 %	-0,50	-0,58
VDAX>35	476	92,65 %	-0,45	-0,50
VDAX>30	692	88,58 %	-0,41	-0,48
VDAX>25	1279	84,36 %	-0,36	-0,42
VDAX>20	2023	82,01 %	-0,32	-0,38
VDAX<20	891	67,12 %	-0,14	-0,13

Tuloksista voidaan havaita yhtäläisyys kaikkien velkakirjojen osalta. Kun implisiittinen volatilitteetti on kasvanut, ovat negatiiviset korrelaatiot myös kasvaneet. Merkittävin suhteellinen kasvu on tapahtunut, kun implisiittisen volatilitteetin taso on noussut yli 20 prosentin vuotuisen keskihajontayksikön. Kun implisiittisen volatilitteetin taso on ylittänyt 45 prosentin rajan, ovat korrelaatiot alkaneet pienentymään.

Implisiittisen volatilitteetin arvon ollessa alle 20, ovat kaikkien velkakirjojen korrelaatiot DAX 30:n kanssa lähtökohtaisesti negatiivisia. Kun katsotaan kuviota 2, huomataan, että pääsääntöisesti alle 20 prosentin jäävät IV:n arvot ajoittuvat vuosille 2004–2007. Tällöin DAX 30:n arvo on kasvanut tasaisesti. Kun katsotaan velkakirjojen kuvaajia, on niiden hinnoissa havaittavissa nouseva trendi vuosina 2004–2005. Vuosina 2006–2007 velkakirjojen tuotot ovat puolestaan laskeneet, jolloin korrelaatio on kääntynyt enemmän negatiiviseksi. Tähän löytyy mahdollinen syy korkojen noususta. Vuoden 2005 lopussa korot ovat lähteneet nousuun. Kolmen kuukauden euribor on noussut vuosina 2006–2007 noin 2 prosentista noin 5 prosenttiin. Tällä on ollut suora negatiivinen yhteys velkakirjojen tuottoihin.

Vuosituhanen alussa puhjennut teknokupla on aiheuttanut useamman vuoden laskun DAX 30 osakeindeksissä. Samalla ajanjaksolla velkakirjojen hinnat ovat

puolestaan olleet lievässä nousussa. Implisiittisen volatiliteetin taso on vaihdellut tällöin 20 ja 30 prosentin välillä pääsääntöisesti. Vaikka vuosina 2000–2001 korkotaso on noussut merkittävästi, eivät velkakirjojen hinnat ole kuitenkaan laskeneet, vaan pysyneet suunnilleen samalla tasolla. Kim ym. (2006) päättelivät, että teknokuplan puhkeaminen ei pelkästään selitä negatiivista korrelaatiota. Korrelaatiot osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välillä ovat muuttuneet negatiiviseksi ennen tätä. Tutkijat päättelivät, että euron käyttöönotto on aiheuttanut epävarmuutta osakemarkkinoilla ja velkakirjojen kysyntä on kasvanut, koska näitä pidetään turvallisempina sijoituskohteina. Kysynnän paljous on mahdollisesti estänyt velkakirjojen hintojen laskua 2000–2001, vaikka korot ovat nousseet.

30 prosentin ylitys implisiittisen volatiliteetin tasossa näkyy selvästi kolmena ajankohtana. Tällöin negatiivinen korrelaatio ylittää arvon  $-0,35$  kaikilla velkakirjoilla. Nämä ylitykset ovat tapahtuneet 11.9.2001 tapahtuneen terrori iskun jälkeen, vuosina 2002–2004 ja vuosina 2008–2009. Vuosina 2002–2004 talouden kasvu Saksassa on ollut hidasta. Tämä on heijastunut osakemarkkinoille, koska yritykset ovat olleet vaikeuksissa. Tämän puolestaan näkyy osakemarkkinoiden epävarmuutena, kohoavana implisiittisenä volatiliteettina ja laskevin osakekurssina. Talouden hidastuminen on puolestaan laskenut korkoja, mikä on ollut suotuisaa velkakirjojen hinnoille. Pankkikriisi puolestaan aiheutti suurta epävarmuutta osakemarkkinoilla ja vuoden 2008 lopussa implisiittinen volatiliteetti lähti voimakkaaseen nousuun. Sijoittajien luottamus osakemarkkinoihin heikentyi ja korot lähtivät laskuun.

Osakkeiden ja velkakirjojen korrelaatiot ovat lähteneet laskemaan kaikilla tutkielman sijoitushyödykkeillä, kun implisiittisen volatiliteetin taso on ylittänyt 45 prosentin vuotuisen keskihajontayksikön rajan. Yksi selitys voi olla havaintojen lukumäärän pieneneminen. Toisaalta selitys löytyy myös koroista. Esimerkiksi viimeisessä luokassa, jossa implisiittisen volatiliteetin taso on ylittänyt 60 prosenttia, on 31 havaintoa. Näistä 31 havainnosta 27 osuu loka–marraskuulle vuodelle 2008. Tällöin korot ovat olleet nousussa ja korkealla tasolla ennen rajua laskua. Kolmen kuukauden euribor kävi tällöin korkeimmillaan havaintojakson aikana. Tällöin euribor ylsi lähes 5,4 prosenttiin. Tämä on vaikuttanut velkakirjojen hintoihin laskevasti, joka on johtanut osakkeiden ja velkakirjojen välisen korrelaation pienenemiseen. Osakemarkkinoilla on kuitenkin ollut samaan aikaan erittäin suurta epävarmuutta ja osakekurssit ovat laskeneet voi-

makkaasti. Korrelaatio on pysynyt negatiivisena, joten velkakirjat ovat toimineet suojaavana instrumenttina osakkeiden arvonnaskua vastaan tällöin.

RDAX -indeksillä, joka on laskettu yritysten velkakirjoista, suhteellinen korrelaation pieneneminen on ollut suurinta, kun 45 prosentin vuotuisen keskihajonta yksikön raja implisiittisessä volatilitetissa on ylittynyt. Syksyllä 2008 alkanut rahoituskriisi on saattanut vaikuttaa tähän. Koska yritykset eivät tällöin ole saaneet rahoitusta, saattaa tulos olla viite siitä, että yritysten laskevat tilauksannat ja hankaloitunut lainan saanti, ovat aiheuttaneet sijoitusten siirtymistä yritysten velkakirjoista valtion velkakirjoihin. Teoriassa valtion velkakirjat ovat turvallisempia sijoituskohteita kuin yritysten velkakirjat (kts. s.14). Pelko yritysten ajautumisesta hankaluuksiin, heijastuu sijoittajiin mahdollisesti siten, että yritysten velkakirjoilta halutaan suurempaa tuottoa, koska riskit nousevat. Tällöin velkakirjojen hinnat laskevat.

RDAX -indeksi noteeraa isojen yritysten velkakirjoja. Edellinen spekulatio tuottojen siirtymisestä yritysten velkakirjoista valtion velkakirjoihin, olisi järkevää tutkia suuremmalla otoksella. Lisäksi mielenkiintoista olisi nähdä, miten pienempien yritysten velkakirjojen ja osakemarkkinoiden korrelaatiot ovat käyttäytyneet.

Tuloksiin tulee suhtautua kriittisesti, koska kaava, jolla korrelaatiot ovat laskettu, sisältää myös joitakin epäkohtia. Kaava huomioi ei-ehdollisen korrelaation, joten suuret vaihtelut varianssissa eivät anna välttämättä tarkkaa kuvaa sen vaihteluista. Esimerkiksi samasta aineistosta 30 päivältä laskettu tuottojen vaihtelu on aina suurempaa kuin 60 päivältä laskettu (Aleksander 2001: 51). Lisäksi korrelaation laskemiseen käytettävät estimaatit riippuvat markkinoiden volatiilisuudesta, joten markkinoiden hetkellinen epävarmuus, jolloin volatiilisuus nousee, vääristää tuloksia (Forbess & Rigobon 2002). Tämä vaikuttaa keskiarvoon ja tätä kautta korrelaatiot saattavat näyttää suuremmilta kuin mitä ne todellisuudessa ovat. Vaikka kaavassa on epäkohtia, pystyy se kuitenkin jossain määrin havainnoimaan osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen yhteisliikkeitä (Andersson ym 2008: 142). Vaikka korrelaatiokertoimet olisivat ylöspäin harhaisia, pystytään tuloksista kuitenkin havaitsemaan, että kasvava epävarmuus kasvattaa osakkeiden tuottojen ja velkakirjojen tuottojen välistä negatiivista korrelaatiota.



Tuloksista on havaittavissa trendi: osakemarkkinoiden epävarmuuden kasvaessa osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio kasvaa. Kun implisiittisen volatiliteetin taso kasvaa yli 45 vuotuisen keskihajontayksikön, lähtevät korrelaatiot kuitenkin pienenemään. Lisäksi menetelmään sisältyvät epäkohdat aiheuttavat sen, että H1 jää voimaan.

Tuloksista voi löytää yhtäläisyyksiä Connolly ym. (2005) tutkimuksen kanssa. Heidän tutkimuksessaan havaintoaineiston korrelaatiot olivat lähtökohtatilanteessa melko voimakkaasti positiivisia arvolla 0,415, joka eroaa tämän tutkielman aineistosta. Korrelaatiot lähtivät kuitenkin laskemaan, kun implisiittisen volatiliteetin taso nousi ja todennäköisyys negatiiviselle korrelaatiolle oli 53,85 prosenttia VIX:n ylittäessä arvon 40. Tutkimuksessa käytetty implisiittisen volatiliteetin asteikko loppuu 40 prosenttiin. Tässä tutkielmassa korrelaatiot lähtivät laskemaan siirryttäessä luokasta 45 luokkaan 50.

Andersson ym. (2008) havaitsivat korrelaatioiden kääntyvän negatiivisiksi, kun inflaatio-odotukset olivat alhaisimmillaan. Tässä tutkielmassa on havaittavissa, kun inflaation kasvu pysähtyi 2008, ovat korrelaatiot pysyneet voimakkaasti negatiivisina.

### **6.3 Implisiittinen volatiliteetti velkakirjojen tuottojen selittäjänä**

Tässä osiossa tarkastellaan velkakirjojen ehdollista tuottojakaumaa käyttäen osakkeiden tuottoja ja implisiittistä volatiliteettia informaation lähteenä. Kiinnostuksen kohteena on erityisesti, miten osakkeiden ja velkakirjojen tuotot vaihtelevat, kun implisiittinen volatiliteetti toimii viivemuuttujana. Osakemarkkinoiden epävarmuuden odotetaan heijastuvan ensin osakkeiden tuottoihin ja vasta tämän jälkeen velkakirjojen tuottoihin. (Connolly ym. 2005: 176.) Tutkielman tarkoitus on tutkia, miten osakemarkkinoiden epävarmuus vaikuttaa osakkeiden ja velkakirjojen korrelaatioon. Tästä syystä keskitytään informaatioon, jonka osakkeet, velkakirjat ja implisiittinen volatiliteetti tarjoavat. Pois jätetään esimerkiksi korko, jonka tiedetään vaikuttavan vahvasti velkakirjojen tuottoihin. Osakkeiden ja velkakirjojen tuotot ovat molemmat endogeenisiä muuttujia taloudessa ja useat samat tekijät vaikuttavat molempiin. Tarkoitus ei ole tutkia asiaa talouden rakenteellisesta näkökulmasta ja selvittää taloudellisia syy-seuraus suhteita. Tarkoitus on tarkastella tilastollista yhteyttä tuottojen

yhteisliikkeissä. Toisin sanottuna, tarkoituksena on selvittää, miten implisiittisen volatiliteetin muutos ajan hetkellä  $t-1$ , vaikuttaa osakkeiden tuottoihin ajanhetkellä  $t$  ja miten tämä heijastuu velkakirjojen tuottoihin ajanhetkellä  $t$ .

Lähtökohtana on siis pohjautuen aiempiin tutkimuksiin esimerkiksi Fleming ym. (1995), että osakkeiden tuotoilla ja implisiittisellä volatiliteetilla on negatiivinen yhteys. Implisiittisen volatiliteetin muutoksen vaikutusta velkakirjojen tuottoihin on tutkittu huomattavasti vähemmän. Koska implisiittinen volatiliteetti kuvastaa osakemarkkinoiden epävarmuutta, ovat hypoteesit tutkimusongelmalle seuraavat:

H0: Osakemarkkinoiden epävarmuutta kuvaava mittari ei selitä velkakirjojen tuottoja päivän viiveellä.

H1: Osakemarkkinoiden epävarmuutta kuvaava mittari selittää velkakirjojen tuottoja päivän viiveellä.

Ongelman selvittämiseksi käytetään regressiota, jossa erityisesti kerroin  $\alpha_2$ , joka on hypoteesin mittari, on mielenkiinnon kohteena. Regressio on sama, jota Connolly ym. (2005) käyttivät tutkimuksessaan.

$$(28) \quad B_t = \alpha_0 + (\alpha_1 + \alpha_2 \ln(VDAX_{t-1}) + \alpha_3 CV)S_t + v_t$$

jossa,  $B_t$  velkakirjan tuotto,  $S_t$  on osakkeiden tuotto,  $\ln(VDAX_{t-1})$  on VDAX:in luonnollinen logaritmi periodilta  $t-1$ ,  $v_t$  virhetermi,  $CV$  on dummy muuttuja ja  $\alpha_i$ :t ovat kertoimia.

Regression testaamiseksi on käytetty pienimmän neliösumman menetelmää (OLS). Jarque-Bera testin arvot (kts. taulukko 2.) osoittavat, että tuottojakaumien residuaalit eivät ole normaalijakautuneita. Tämä johtuu lähinnä tuottojakaumien huipukkuudesta (kurtosis). Tästä johtuen, regressio on laskettu käyttäen Newey-West (1987) menetelmää, joka poistaa autokorrelaation ja heteroskedastisuuden vaikutuksen. Implisiittisestä volatiliteetista on otettu luonnollinen logaritmi vähentämään jakauman vinoutta. Tilastollinen merkitsevyyden testaamiseen, joka määrittää H0:n hyväksymisen tai hylkäämisen käytetään kaksisuuntaista t-testiä.

Taulukko 7.  $\alpha_2$  ja  $\alpha_3 = 0$ .

	RDAX	BD	FN
$\alpha_0$	1,07E-05	4,13E-05	3,64E-05
t-arvo	0,25	0,69	0,65
$\alpha_1$	-0,03	-0,07	-0,06
t-arvo	-7,74	-12,6	-12,5
$R^2$ %	4,3	9,7	9,3

Taulukko 8.  $\alpha_3 = 0$ .

	RDAX	BD	FN
$\alpha_0$	1,14E-05	4,23E-05	3,70E-05
t-arvo	0,26	0,71	0,66
$\alpha_1$	-0,03	-0,06	-0,06
t-arvo	-7,55	-12,42	-12,4
$\alpha_2$	-0,07	-0,1	-0,06
t-arvo	-1,49	-1,08	-0,79
$R^2$ %	4,4	9,9	9,3

Taulukko 9. Ei rajoituksia.

	RDAX	BD	FN
$\alpha_0$	4,46E-06	2,67E-05	2,38E-05
t-arvo	0,1	0,45	0,42
$\alpha_1$	-0,007	-0,024	-0,03
t-arvo	-1,32	-3,1	-3,2
$\alpha_2$	-0,06	-0,06	-0,04
t-arvo	-1,23	-0,75	-0,45
$\alpha_3$	-0,03	-0,06	-0,05
t-arvo	-3,94	-6,09	-5,38
$R^2$ %	5,6	11,9	11

Taulukko 7 toimii lähtökohtana, jossa  $\alpha_2$  ja  $\alpha_3$  ovat oletettu nolaksi. Odotetusti tulokset osoittavat, että velkakirjojen ja osakeindeksin välinen suhde on negatiivinen.  $\alpha_1$  on tilastollisesti merkittävä jokaiselle velkakirjalle. Selitysasteet jäävät melko pieniksi kaikille velkakirjoilla. Pienimmillään  $R^2$  on RDAX -indeksillä (4,7 %) ja suurimmillaan Saksan valtion 10 vuoden velkakirjalla arvolla (9,7 %).

Taulukossa 8 on implisiittinen volatilitteetti otettu huomioon.  $\alpha_3$  on asetettu nolaksi. Tulokset osoittavat, että  $\alpha_2$  ei ole tilastollisesti merkittävä yhdellekään velkakirjalle. Toisin sanottuna edellisen päivän osakemarkkinoiden epävarmuus ei heijastu viiveellä merkittävästi velkakirjojen tuottoihin, kun käytetään implisiittistä volatilitteettia ja osakkeiden tuottoja epävarmuuden mittarina.  $H_0$  jää täten voimaan.

Tulokset eroavat Connolly ym. (2005) tutkimuksesta siten, että heidän tutkimuksessaan  $\alpha_2$  oli tilastollisesti merkittävä. Selitysasteet eivät tosin juurikaan nousseet.

Taloudellisille aikasarjoille on usein ominaista, että sarjoissa on pitkiä rauhallisen kehityksen ajanjaksoja. Näitä seuraavat ajanjaksot, jolloin tuottojen volatiilisuus on suurta. Aikasarjalla on tällöin ajankohdasta riippuva ehdollinen varianssi eli lyhyen aikavälin varianssi. Pitkän aikavälin varianssia kutsutaan ei-ehdolliseksi varianssiksi. Tällainen ehdollinen varianssi näkyy graafisesti kuvatuissa tuottosarjoissa selvänä piikkinä, joka poikkeaa keskiarvosta. (Kahra & Kanto 1999:23–25.) Yksi syy sille, että tulokset jäävät tilastollisesti merkityksettömiksi saattaa löytyä siitä, että tutkielman aikasarjat ovat olleet volatiilisempia kuin Connoly ym. (2005), jolloin kyseinen regressio ei kykene huomioimaan ehdollista varianssia ja tulokset jäävät täten merkityksettömiksi.

Taulukossa 9 on käytetty dummy muuttujaa kuvaamaan periodeja, jolloin osakemarkkinoilla on ollut suurta epävarmuutta. Muuttuja saa arvon 1 aikavälille 11.9.2001–30.6.2003 ja 1.7.2007–31.3.2009, muulloin 0. Rahoituskriisin ajankohdaksi on käytetty samaa periodia kuin Berg (2010). 11.9.2001 puolestaan oli selkeä piikki terrori-iskujen johdosta ja markkinoiden epävarmuus on jatkunut vuoden 2003 puoleenväliin asti.

Tulokset osoittavat, että osakemarkkinoiden epävarmuuden ollessa tavanomaista korkeammalla osakkeiden tuotoilla on tilastollisesti merkittävä negatiivinen suhde velkakirjojen tuottoihin. Tämä tukee tuloksia, jotka saatiin edellisessä kappaleessa: Osakemarkkinoiden epävarmuuden kasvaessa, osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen yhteisliikkeet kasvavat negatiivisessa suhteessa toisiinsa.  $\alpha_2$  pysyy kuitenkin tilastollisesti merkityksettömänä.  $H_0$  jää edelleen voimaan.

#### **6.4 Implisiittisen volatilitietin prosentuaalisen muutoksen vaikutus osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen väliseen korrelaatioon.**

Kappaleessa 6.2 tarkasteltiin implisiittisen volatilitietin muutoksen tasoa. Tässä osiossa käsitellään implisiittisen volatilitietin prosentuaalista muutosta yhden päivän aikana. Prosentuaalinen muutos implisiittiselle volatilitietille on laskettu seuraavasti:

$$(29) \quad \Delta V D A X = \frac{V D A X_t - V D A X_{t-1}}{V D A X_{t-1}}$$

Implisiittinen volatilitteetti on jaettu kuuteen eri luokkaan muutoksen suuruuden mukaan. Luokat jakaantuvat prosentuaalisen kasvun mukaan siten, että ensimmäisessä luokassa on suurimmat laskut ja viimeisessä suurimmat nousut. Luokat jakaantuvat seuraavasti: 0–5 pctl: –19,01% – –7,1%; 0–25 pctl: –19,01% – –3,03%; 25–50 pctl: –3,02% – –0,22%; 50–75 pctl: –0,21% – 2,62%; 75–100 pctl: 2,63% – 40,02%; 95–100 pctl: 8,59% – 40,02%. Tämän jälkeen luokille on laskettu tuottojen keskiarvot aritmeettisena keskiarvona seuraavasti:

$$(30) \quad \bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N r(s)$$

jossa  $\bar{R}$  on tuottojen keskiarvo,  $N$  on havaintojen lukumäärä ja  $r(s)$  on yksittäisen päivän tuotto, joka on saatu laskettu kaavalla 16.

Keskihajonnat tuotoille on laskettu laskettu seuraavasti:

$$(31) \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{s=1}^N [r(s) - \bar{r}]^2}$$

Tuotot ja keskihajonnat ovat laskettu jokaiselle indeksille ja velkakirjalle erikseen. Korrelaatio on laskettu luokan keskiarvona kunkin velkakirjan ja osakeindeksin välille. Korrelaatiokertoimen muutoksen perusteella hypoteesit hyväksytään tai hylätään.

$$(32) \quad \rho(r_1, r_2) = \frac{\sum_{s=1}^n (r_1 - \bar{r}_1)(r_2 - \bar{r}_2)}{\sqrt{\sum_{s=1}^n (r_1 - \bar{r}_1)^2} \sqrt{\sum_{s=1}^n (r_2 - \bar{r}_2)^2}}$$

Lähtöoletuksen on, että epävarmuuden pieneneminen pienentää korrelaatiota ja epävarmuuden kasvu kasvattaa negatiivista korrelaatiota. Hypoteesit ja vastahypoteesit tutkimusongelmille ovat seuraavat:

H0: Osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio kasvaa implisiittisen volatilitietin prosentuaalisen muutoksen kasvaessa.

H1: Osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio ei kasva implisiittisen volatilitietin prosentuaalisen muutoksen kasvaessa.

ja

H2: Osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio pienenee implisiittisen volatilitietin prosentuaalisen muutoksen laskiessa.

H3: Osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välinen negatiivinen korrelaatio ei pienene implisiittisen volatilitietin prosentuaalisen muutoksen laskiessa.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty osakkeiden ja velkakirjojen tuotoista lasketut tilastolliset ominaisuudet, jotka ovat jaoteltu implisiittisen volatilitietin prosentuaalisen muutoksen mukaan.

**Taulukko 10.** RDAX -indeksin ja DAX 30 -indeksin tuottojen välinen suhde.

VDAX muutos	havaintojen lkm.	$\mu$ RDAX	$\sigma$ RDAX	$\mu$ DAX 30	$\sigma$ DAX 30	$\rho$ RDAX,DAX 30
kaikki	2916	0,006	0,203	0,018	1,63	-0,208
0-5pctl	146	-0,054	0,224	1,942	1,73	-0,212
0-25pctl	729	-0,034	0,217	1,276	1,427	-0,198
25-50pctl	729	-0,018	0,192	0,479	1,067	-0,062
50-75pctl	729	0,018	0,176	-0,251	0,93	-0,106
75-100pctl	729	0,036	0,218	-1,429	1,614	-0,217
95-100pctl	145	0,067	0,241	-2,57	2,01	-0,15

**Taulukko 11.** BD:n ja DAX 30 -indeksin tuottojen välinen suhde.

VDAX muutos	havaintojen lkm.	$\mu$ BD	$\sigma$ BD	$\mu$ DAX 30	$\sigma$ DAX 30	$\rho$ BD,DAX 30
kaikki	2916	0,003	0,337	0,018	1,63	-0,311
0-5pctl	146	-0,141	0,378	1,942	1,73	-0,245
0-25pctl	729	-0,086	0,349	1,276	1,427	-0,241
25-50pctl	729	-0,037	0,318	0,479	1,067	-0,14
50-75pctl	729	0,221	0,283	-0,251	0,93	-0,145
75-100pctl	729	0,103	0,36	-1,429	1,614	-0,332
95-100pctl	145	0,221	0,371	-2,57	2,01	-0,306

**Taulukko 12.** FN:n ja DAX 30 -indeksin tuottojen välinen suhde.

VDAX muutos	havaintojen lkm.	$\mu$ FN	$\sigma$ FN	$\mu$ DAX 30	$\sigma$ DAX 30	$\rho$ FN,DAX 30
kaikki	2916	0,003	0,316	0,018	1,63	-0,304
0-5pctl	146	-0,131	0,363	1,942	1,73	-0,227
0-25pctl	729	-0,075	0,334	1,276	1,427	-0,241
25-50pctl	729	-0,034	0,297	0,479	1,067	-0,134
50-75pctl	729	0,027	0,269	-0,251	0,93	-0,148
75-100pctl	729	0,092	0,335	-1,429	1,614	-0,338
95-100pctl	145	0,196	0,357	-2,57	2,01	-0,317

Korrelaatioiden muutoksissa on havaittavissa samankaltaista käyttäytymistä kaikkien velkakirjojen osalta. Implisiittisen volatiliteetin laskiessa korrelaatiot lähestyvät nollaa. Suomen valiton velkakirjan osalta on havaittavissa pieni poikkeama. Implisiittisen volatiliteetin vaihdellessa 25–50pctl välillä, ovat velkakirjojen ja DAX 30 -indeksin välinen korrelaatio lähimpänä nollaa. Tämän jälkeen negatiivinen korrelaatio lähtee jälleen kasvamaan.

Siirryttäessä luokasta 50–75pctl luokkaan 75–100 pctl on havaittavissa merkittävää muutosta korrelaatioissa. Kun osakemarkkinoiden epävarmuus siis kasvaa, osakkeiden ja velkakirjojen välinen negatiivinen korrelaatio kasvaa myös. Tämä näkyy myös tuottojen keskiarvoissa. siirryttäessä luokasta 25–50pctl luokkaan



50–75pctl, muuttuvat velkakirjojen keskimääräiset tuotot positiivisiksi ja osakkeiden negatiivisiksi. Poikkeuksena tuottojen välisissä korrelaatioissa on siirryttäessä luokkaan 95–100pctl, jossa on suurimmat päivittäiset suhteelliset implisiittisen volatilitietin nousut. Tulos on erikoinen, kun katsotaan velkakirjojen ja osakkeiden keskimääräisiä tuottoja. Positiivinen keskiarvo tuotot ovat nousseet velkakirjoilla ja laskeneet osakkeilla. Korrelaatiot ovat kuitenkin laskeneet. Syy kyseiselle havainnolle saattaa mahdollisesti löytyä havaintojen määrästä. Suuret yksittäiset havainnot tuotoista vaikuttavat merkittävästi tuottojen keskiarvoon, koska havaintoja on vain 145 tässä luokassa. Vähemmän havaintoja sisältävä otos samasta aineistosta on aina volatiilisempi kuin suurempi otos (Aleksander 2001: 51). Tästä syystä keskimääräiset tuotot eivät välttämättä kerro koko totuutta, vaan ne saattavat vääristää tuloksia, johtuen korrelaation laskemiseen käytetystä menetelmästä (kts. s. 55). Vaikka korrelaatiot ovat pienentyneet siirryttäessä luokasta 75–100pctl luokkaan 95–100pctl, näyttäisivät velkakirjat toimivan kuitenkin hyvänä suojaavana hyödykkeenä portfoliossa osakkeiden hinnan vaihteluja vastaan.

Koska tuottojen väliset korrelaatio pienenevät siirryttäessä luokasta 75–100 luokkaan 95–100, jää H1 voimaan kaikilla arvopapereilla. Koska pienempi havaintojen määrä tulisi aiheuttaa suuremaa korrelaatiota kyseisellä menetelmällä laskettuna (Aleksander 2001:51) ei H0:aa voida hyväksyä, vaikka selkeä trendi on havaittavissa: implisiittisen volatilitietin äkillinen prosentuaalinen muutos nostaa osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välistä negatiivista korrelaatiota.

Implisiittisen volatilitietin prosentuaalinen lasku puolestaan laskee osakkeiden ja velkakirjojen välistä korrelaatiota RDAX:in ja BD:n osalta. H2 jää näille kahdelle hyödykkeelle voimaan. Suomen valtion velkakirja puolestaan käyttäytyy hieman erilailla ja johtuen kriittisyydestä menetelmää kohtaan, H3 jää Suomen valtion velkakirjalle voimaan.

Connolly ym. (2005) saivat samankaltaisia tuloksia yhdysvaltojen markkinoilta. Kun markkinoiden epävarmuus laski, osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen väliset positiiviset korrelaatiot kasvoivat. Kun osakemarkkinoiden epävarmuus nousi, laskivat positiiviset korrelaatiot ja muuttuivat negatiiviseksi 95–100 luokassa. Markkinoilla oli siis havaittavissa flight-to-quality -ilmiötä, jossa pääoma

siirtyy osakkeista velkakirjoihin (kts. s. 27.) Kim ym. (2006) ovat havainneet myös saman ilmiön euroalueen markkinoilla.

Tuloksissa on havaittavissa trendi, vaikka hypoteesi hylätään: implisiittisen volatiliteetin prosentuaalisen muutoksen kasvaessa, negatiivinen korrelaatio osakkeiden ja velkakirjojen välillä kasvaa. Implisiittisen volatiliteetin muutoksiin luottaminen, ilman tietoa muutoksen syystä, voi johtaa väärin päätöksentekoihin sijoitussalkun painotuksista. Tuloksista näkyy tietyn tyyppinen käyttäytyminen korrelaatioissa implisiittisen volatiliteetin muuttuessa. Implisiittisen volatiliteetin seuraaminen näyttäisi olevan hyödyllistä, mutta myös sen muutoksiin johtavista syistä kannattaa olla tietoinen, koska implisiittinen volatiliteetti ei erittele informaation syytä. Jos uutiset ovat puhtaasti osakemarkkinoita koskevia, eli ei esimerkiksi korkoihin liittyviä uutisia, laskevia osakekursseja näyttäisi olevan hyödyllistä suojata velkakirjoilla. Implisiittinen volatiliteetti saattaa kuitenkin muuttua rajusti myös koron nostoihin tai laskuihin liittyvistä uutisista. Jos implisiittinen volatiliteetti muuttuu rajusti korkoihin liittyvien uutisten seurauksena, eivät velkakirjat välttämättä toimi hyvänä suojana. Uutinen koron noususta nostaa implisiittistä volatiliteettia. Jos tällöin luotetaan vain taulukosta saatuihin tuloksiin, oletus olisi, että osakemarkkinoiden epävarmuus nousee, joten kannattaa suojata portfoliota velkakirjoilla. Ratkaisu olisi kuitenkin väärä, koska koron nousu vaikuttaa myös negatiivisesti velkakirjoihin.

Tässä tutkimusongelmassa käsitellään päivittäisiä muutoksia, joka sijoitusstrategiana tarkoittaa aktiivista kaupankäyntiä. Implisiittisen volatiliteetin vaihteluiden seuraaminen näyttäisi auttavan päätöksenteossa, kun portfoliota tasapainotetaan osakkeilla ja velkakirjoilla. Muutoksiin johtaneista syistä on kuitenkin hyvä olla tietoinen. Koska kyseessä on päivittäiset muutokset, arvopapereiden myymiseen ja ostamiseen menevät kulut saattavat syödä hyödyn strategialta, jossa seurataan implisiittisen volatiliteetin päivittäisiä muutoksia ja tasapainotetaan portfoliota sen mukaan. Etenkin piensijoittajalle strategia, jossa sijoitussalkkua tasapainotetaan usein, ei välttämättä toimi, koska verot ja transaktiokustannukset eliminoivat todennäköisesti mahdolliset voitot. Instituutionaaliset sijoittajat ja suuret rahoituslaitokset, jotka käyvät kauppaa huomattavasti suuremmilla summilla, saattavat kuitenkin hyötyä strategiasta. Bolten ja Besley (1991) osoittivat periodilla 1967–1987, että portfolio, joka koostui osakkeista ja velkakirjoista, ja jonka tasapainotus perustui osakkeiden tuottojen muutoksiin ja korkotason muutoksiin, tarjosi 12,9 prosentin vuotuisen tuoton.

Tulosta verrattiin portfolioon, joka sisälsi vain osakkeita ja portfolioon, joka sisälsi vain velkakirjoja. Osakeportfolio tuotti 10,6 prosenttia ja velkakirjoista koostuva portfolio 7,8 prosenttia samalta aikajaksolta.

Suomen ja Saksan valtioiden velkakirjojen tuotot näyttäisivät käyttäytyvän samankaltaisesti tuottojen, keskihajontojen ja yhteisvaihtelun DAX 30:n suhteen. Tällöin ei ole siis suurtakaan väliä kumpaa velkakirjaa käytetään. Tämä tulos tukee Kim ym. (2006) havaintoja euroalueen arvopaperimarkkinoiden integroitumisesta. Taulukosta 2 nähdään, että näiden kahden arvopaperin välinen korrelaatio havaintojaksolta 4.1.1999–8.3.2010 on ollut 0,92.

## 7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkielmassa keskityttiin tutkimaan, miten implisiittistä volatilitettä, joka on tuottoihin perustumaton mittari, pystytään hyödyntämään tarkasteltaessa osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välistä riippuvuussuhdetta. Perustuen aikaisempiin tutkimuksiin mm. (Flemming ym. 1995; Connolly ym. 2005) tiedettiin, että implisiittinen volatilitetti heijastaa hyvin osakemarkkinoiden epävarmuutta. Aikaisemmat tutkimustulokset implisiittisen volatilitetin ja historiallisen volatilitetin paremmuudesta ennakoita osakemarkkinoiden tulevaa vaihtelua olivat ristiriitaisia. Suurempi osa tuloksista kuitenkin tuki implisiittiseen volatilitettiin paremmuutta, koska se huomioi tulevaisuuden odotukset markkinoiden kehityksestä.

Implisiittisen volatilitetin suhdetta velkakirjoihin on kuitenkin tutkittu paljon vähemmän kuin sen suhdetta osakkeisiin. Teoriaosuudessa käsiteltyyn portfolioteoriaan pohjautuen tiedetään, että kun arvopapereiden korrelaatio on alle 1, tarjoavat ne suojaa toistensa riskeiltä. Kun suhde muuttuu negatiiviseksi, tarjoavat ne erittäin hyvän suojan toistensa riskeille. Aikaisemmat tutkimukset osoittavat, että osakemarkkinat, kuten myös velkakirjamarkkinat ovat integroituneet globaalisti (Kim ym. 2006; Markwat ym. 2009). Tässä tutkielmassa käytetty Saksan valtion velkakirjan ja Suomen valtion velkakirjan korrelaatio koko havaintojaksolta oli 0,92. Tämä johtaa siihen, että samaan arvopaperiluokkaan sijoitettaessa kansainvälisestä hajauttamisesta saatavat hyödyt vähenevät. Tämä tukee siis kahteen eri arvopaperiluokkaan sijoittamista, kun halutaan pienentää riskiä. Osakkeiden ja velkakirjojen välinen keskimääräinen korrelaatio aikajaksolta 4.1.1999–8.3.2010 oli negatiivinen. Tutkimusaineisto koostui päivähavainnoista ja tutkittavina kohteina olivat Saksan osake- ja velkakirjamarkkinat sekä Suomen valtion 10 vuoden joukkovelkakirja.

Ensin tutkittiin seuraavan kuukauden muutosta osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välisessä korrelaatiossa, kun implisiittisen volatilitetin taso kasvoi. Koko aikasarjasta mitattu korrelaatio oli keskimäärin negatiivinen osakkeiden ja jokaisen velkakirjan välillä. Todennäköisyys negatiivisen korrelaatio kasvusta seuraavan kuukauden aikana näiden kahden arvopaperiluokan välillä kasvoi selvästi, kun implisiittisen volatilitetin taso kasvoi. Implisiittisen volatilitetin tason muuttuessa tasolta 20 tasolle 45. Negatiivinen korrelaatio osakeindeksin kanssa lähes nelinkertaistui jokaisen velkakirjan osalta. Tämä viittaa selkeästi

siihen, että osakemarkkinoiden epävarmuuden kasvaessa velkakirjat toimivat hyvin sijoitussalkun suojaamiseen.

Toisaalta implisiittisen yli 45 prosentin ylitykset implisiittisen volatilitietin tasossa näkyivät pienevänä korrelaationa. Korkotason muutokset vaikuttavat saman lailla molempaan arvopaperiin (Cambell & Ammer :1993). Implisiittinen volatilitietti reagoi myös koron nostoihin liittyviin uutisiin. Koska implisiittinen volatilitietti ei erottele uutisten syitä, saattaa muutos sen tasossa johtaa virheellisiin ratkaisuihin portfolion tasapainottamisessa, jos syytä implisiittisen volatilitietin muutokselle ei tiedetä. Teoriaosuudessa todettiin, että erityisesti korkotason ja inflaatio-odotusten nousu vaikuttavat negatiivisesti osakkeiden ja velkakirjojen tuottoihin. Kun korrelaatiot lähtivät pienenemään implisiittisen volatilitietin laskiessa, oli tällöin korkeat paineet inflaation noususta ja korot olivat myös korkealla. Tämä on vaikuttanut velkakirjoihin siten, että niiden tuotot ovat laskeneet ja tästä syystä korrelaatiot ovat pienentyneet. Osakemarkkinoihin on tällöin vaikuttanut kahden edellä mainitun tekijän lisäksi hankaloitunut rahoituksen saanti, joka on nostanut epävarmuutta markkinoilla ja osakkeiden tuotot ovat laskeneet vielä rajummin. Koska implisiittinen volatilitietti ei siis erottele uutisia, jotka vaikuttavat vain osakemarkkinoihin, voi se johtaa väärin painotuksiin portfoliossa näiden kahden arvopaperiluokan välillä.

Tuloksiin tulee suhtautua kriittisesti, koska korrelaation mittaamiseen käytetty menetelmä saattaa vääristää korrelaatioiden arvoja. Tästä syystä tutkimusta voisi tulevaisuudessa laajentaa käyttämällä eri menetelmää korrelaation mittaamiseen, joka huomioisi ehdollisen varianssin osakkeiden ja velkakirjojen tuotoissa. Vaikka korrelaatioiden arvot saattavat olla harhaisia, on tuloksista kuitenkin havaittavissa, että hajauttaminen näiden kahden arvopaperiluokan kesken on hyödyllistä, kun osakemarkkinat kärsivät kasvavasta epävarmuudesta.

Toisena tutkielmassa tutkittiin, miten edellisen päivän muutos implisiittisessä volatilitietissa heijastuu osakemarkkinoiden tuottoihin ja tätä kautta velkakirjamarkkinoiden tuottoihin. Ongelmaa tarkisteltiin siis ennustettavuuden näkökulmasta. Tulokset eivät viitanneet siihen, että edellisen päivän muutokset osakemarkkinoiden epävarmuudessa, selittäisivät velkakirjojen tuottoja seuraavana päivänä. Tulokset olivat tilastollisesti merkityksettömiä. Yksi selitys tuloksiin merkityksettömyydelle on, että ongelmaan käytetty regressio, ei pysty poimimaan ehdollista varianssia osakkeiden ja velkakirjojen tuottosarjojen muu-

toksista. Vaikka implisiittinen volatiliteetti onkin tuottoihin perustumaton mitari ja se pystyy jossain määrin ennakoimaan osakkeiden tuottojen vaihteluita, velkakirjojen tuottojen muutoksia se ei kuitenkaan kyennyt ennustamaan yhdessä osaketuottojen kanssa.

Kolmantena tutkittiin samana päivänä tapahtuneita muutoksia osakkeiden ja velkakirjojen tuotoissa. Tässä ongelmassa tarkasteltiin implisiittisen volatiliteetin prosentuaalista muutosta yhden päivän aikana. Osakemarkkinoiden epävarmuuden laskiessa korrelaatiot lähestyivät nollaa. Epävarmuuden kasvu puolestaan johti kohoavaan negatiiviseen korrelaatioon. Korrelaatiot saattavat myös olla harhaisia tässäkin tapauksessa, johtuen korrelaation laskentamenetelmästä. Ainoastaan kaikista suurimmat nousut laskivat korrelaatioita hieman suhteessa edelliseen luokkaan. Tulokset kuitenkin viittaavat ideaan, että portfolion tasapainottaminen velkakirjoilla olisi hyödyllistä osakemarkkinoiden äkillisen epävarmuuden kasvaessa. Toisaalta korrelaation notkahdus alaspäin implisiittisen volatiliteetin suurimmissa muutoksissa antavat viitteitä siitä, että uutiset eivät ole vaikuttaneet pelkästään osakemarkkinoihin, vaan niillä on ollut samansuuntainen vaikutus velkakirjoihin.

Implisiittisen volatiliteetin seuraaminen näyttäisi siis olevan hyödyllistä, kun halutaan ennakoida osakkeiden ja velkakirjojen välistä tulevaa korrelaatiota. Informaatiosta, joka aiheuttaa muutoksen implisiittisessä volatiliteetissa, on kuitenkin oltava tietoinen, jotta voidaan välttää väärät päätökset. Esimerkiksi koron nousut nostavat implisiittistä volatiliteettiä, mutta ovat huonoja uutisia sekä osakemarkkinoille että velkakirjamarkkinoille. Jos taas implisiittinen volatiliteetti lähtee kohoamaan, eikä ole tiedossa velkakirjojen hintoihin vaikuttavista uutisista, velkakirjojen painon lisääminen portfoliossa näyttäisi tulosten mukaan olevan hyödyllistä.

Sijoitusstrategia, jossa portfoliota tasapainotetaan implisiittisen volatiliteetin muutosten mukaan, voi syödä voitot transaktiokustannusten takia. Etenkin piensijoittajille strategia voi johtaa negatiivisiin reaalituottoihin. Suurille rahoituslaitoksille ja institutionaalisille sijoittajille strategia voi toimia paremmin. Toisaalta tällöin olisi myös tärkeätä, että ehdollista varianssia pystyttäisiin ennustamaan tarkemmin tuottosarjoista kuin mitä tässä tutkielmassa käytettävät menetelmät pystyvät. Aiheen tutkiminen menetelmillä, jotka huomioivat ehdollisen varianssin, esimerkiksi ARCH ja GARCH, voisi olla hyödyllistä.

Koska velkakirjat ovat korkoinstrumentteja ja herkkiä koron muutoksille, laskee niiden tuotot suuresti, kun korot lähtevät nousuun. Tässä tutkielmassa ongelman asettelu painottui näkökulmaan, jossa keskityttiin osakemarkkinoiden epävarmuuteen eli käytännössä osakkeiden arvon laskuun. Kun talous lähtee laskuun ja korot tippuvat, velkakirja toimii hyvänä suojana osakemarkkinoiden vaihteluille. Myös tällä hetkellä, kun talous on taantumassa, velkakirjat ovat hyvä suoja osakemarkkinoiden heilahteluja vastaan. On kuitenkin todennäköistä, että historia toistaa itseään ja talous lähtee jonkin ajan päästä nousuun. Nousukauden alkaessa osakkeilla on tapana lähteä voimakkaaseen nousuun. Nousukausi tuo mukanaan todennäköisesti myös koron nousut, joka saa velkakirjojen tuotot laskemaan. Koska on odotettavissa, että nousukauden alku laskee velkakirjojen tuottoja, olisi järkevää miettiä myös vaihtoehtoista ratkaisua portfolion tuoton kasvattamiselle, nostamatta kuitenkaan sen riskiä liian korkeaksi. Koska osakkeet eivät ole yhtä herkkiä korkojen nousulle kuin velkakirjat, olisi hyödyllistä tutkia, löytyykö sellaisia osakkeita, jotka käyttäytyisivät velkakirjojen tavoin, mutta eivät olisi yhtä herkkiä korkojen nousuille. Osakkeet voitaisiin jakaa eri kriteerein eri portfolioihin. Esimerkiksi yrityksen iän, koon, osakkeen volatiilisuuden ja eri tunnuslukujen perusteella. Tämän jälkeen voitaisiin tutkia, miten nämä ovat korreloineet velkakirjojen kanssa implisiittisen volatilitietin muuttuessa.

Lopuksi on kuitenkin hyvä muistaa, että tulevaisuus on aina epävarmaa. Arvaus tulevasta osakkeiden ja velkakirjojen tuottojen välisestä korrelaatiosta voi osua lähemmäs kuin historiallisista tapahtumista tehdyt johtopäätökset. Ihmiset kuitenkin hakevat rationaalisia perusteita päätöksilleen. Tarkkaa korrelaationmuutosta on hankala ennustaa, mutta korrelaation tasoa ja sen liikkeiden suuntaa pystytään ennakoimaan. Näiden tulosten perusteella, sijoitusten hajauttaminen osakkeisiin ja velkakirjoihin on hyödyllistä, kun osakemarkkinoiden epävarmuus kasvaa.

## LÄHDELUETTELO

- Abhyankar, A., O. Klinkowska & S. Lee (2008). Are Government Bonds Risky Assets? *Working Paper Series* November 12. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://ssrn.com/abstract=1112635>>
- Aburachis, A.T. & R.J. Kish (1999). International Evidence on The Co-movements between Bond Yields and Stock Returns: 1984–1994. *Journal of Financial and Strategic Decisions* 12:3, 67–81.
- Alexander, C. (2001). *Market Models*. 1. painos. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd. Inc. 494 s. ISBN 0-471-89975-5.
- Andersson, M., E. Krylova & S. Vähämaa (2008). Why does the correlation between stock and bond returns vary over time? *Applied Financial Economics* 18:2, 139–151. doi: 10.1080/09603100601057854
- Baijk, T. & I. Goldfajn (1998). Financial Market Contagion in the Asian Crisis. *IMF Working Paper* No. 98/155. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=142285](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=142285)>
- Banerjee, P.S., J.S. Doran & D.R. Peterson (2007). Implied volatility and future portfolio returns. *Journal of Banking & Finance* 31:10, 3183–3199. doi:10.1016/j.jbankfin.2006.12.007.
- Bartram, S.M., S.J. Taylor & Y-W. Wang (2007). The Euro and European financial market dependence. *Journal of Banking & Finance* 31:5, 1461–1481.
- Baur, D.G. & M.L. Lucey (2009). Flights and contagion – An empirical analysis of stock-bond correlations. *Journal of Financial Stability* 5:4, 339–352. doi:10.1016/j.jfs.2008.08.001
- Becker, R., A.E. Clements & C. Coleman-Fenn (2009). Forecast performance of implied volatility and the impact of the volatility risk premium. *NCER Working Paper Series* No.45 July 13. Saatavana World Wide Webistä: <URL: <http://www.ncer.edu.au/papers/documents/WPNo45.pdf>>



- Becker, R., A.E. Clements & A. McClelland (2009). The jump component of S&P 500 volatility and the VIX index. *Journal of Banking & Finance* 33:6, 1033–1038. doi:10.1016/j.jbankfin.2008.10.015
- Berg, T. (2010). The Term Structure of Risk Premia: New Evidence from the Financial Crisis. *Working Paper Series* No. 1165 March 2010.
- Black, F. & M. Scholes (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy* 81:3, 637–654.
- Bodie, Z., A. Kane & A.J. Marcus (2009). *Investments*. 8. painos. New York: McGraw-Hill Inc. 990s. ISBN 978-007-127828.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Journal of Econometrics* 31:3, 307–327.
- Bolten, S.E. & S. Besley (1991). Long-Term Asset Allocation under Dynamic Interaction of Earnings and Interest Rates. *The Financial Review* 26:2, 269–274.
- Cambell, J.Y. & J. Ammer (1993). What Moves the Stock and Bond Markets? A Variance Decomposition for Long-Term Asset Returns. *The Journal of Finance* 48:1, 3–37.
- Cambell, J.Y. & Y. Hamao (1992). Predictable Stock Returns in the United States and Japan: A Study of Long- Term Capital Market Integration. *The Journal of Finance* 47:1, 43–69.
- Canina, L. & S. Figlewski (1993). The Informational Content of Implied Volatility. *The Review of Financial Studies* 6:3, 659–681.
- Capiello, L., R.F. Engle & K. Shepard (2006). Asymmetric Dynamicks in the Correlations of Global Equity and Bond Returns. *Journal of Financial Econometrics* 4:4, 537–572. doi:10.1093/jjfinec/nbl005.
- Christensen, B.J. & N.R. Prabhala (1998). The relation between implied and realized volatility. *Journal of Financial Economics* 50:2, 125–150.

- Claessen, H. & S. Mitnik (2002). Forecasting stock market volatility and the informational efficiency of the DAX-index options market. *The European Journal of Finance* 8:3, 302–321. doi: 10.1080/13518470110074828
- Clare, A.D. & S.H. Thomas (1994). Is the Gilt-Equity Yield Ratio Useful for Predicting UK Stock Returns? *The Economic Journal* 104:2, 303–315.
- Connolly, R.A., C. Stivers & L. Sun (2005). Stock Market Uncertainty and the Stock-Bond Return Relation. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 40:1, 161–194.
- Connolly, R.A., C. Stivers & L. Sun (2007). Commonality in the time-variation of stock-stock and stock-bond return comovements. *Journal of Financial Markets* 10:2, 192–218.
- Day, T.E. & C.M. Lewis (1988). The behavior of the volatility implicit in the prices of stock index options. *Journal of Financial Economics* 22:1, 103–122.
- Deutsche Börse AG (2005). Guide to the RDAX Index. *Version 1.0*. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://www10.deutsche-boerse.com/INTERNET/EXCHANGE/zpd.nsf/Web+Publikationen/CPOL-6BTEWN/\\$FILE/RDAX\\_guide.pdf?OpenElement](http://www10.deutsche-boerse.com/INTERNET/EXCHANGE/zpd.nsf/Web+Publikationen/CPOL-6BTEWN/$FILE/RDAX_guide.pdf?OpenElement)>
- Deutsche Börse AG (2006). The New Volatility index of Deutsche Börse. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://deutsche-boerse.com/INTERNET/EXCHANGE/zpd.nsf/PublikationenID/CPOL-6CCA3E/\\$FILE/VDAX-Flyer\\_E.pdf?OpenElement](http://deutsche-boerse.com/INTERNET/EXCHANGE/zpd.nsf/PublikationenID/CPOL-6CCA3E/$FILE/VDAX-Flyer_E.pdf?OpenElement)>
- Deutsche Börse AG (2010). Guide to the Equity Indices of Deutsche Börse. *Version 6.13*. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://www10.deutsche-boerse.com/INTERNET/.../Equity\\_L\\_6\\_13\\_e.pdf](http://www10.deutsche-boerse.com/INTERNET/.../Equity_L_6_13_e.pdf)>
- Dubofsky, D.A. (1992). *Options and Financial Futures: Valuation and Uses*. 1.painos. France: McGraw-Hill Inc. 699 s. ISBN 0-07-017887-9.
- Engle, R.F. (1982). Autoregressive Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica* 50:4, 987–1007.

- Elton, E.J., M.J. Gruber, S.J. Brown & W.N. Goetzmann (2003). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. 6. editions. New York jne. : John Wiley & Sons. Inc. 705s. ISBN 0-471-23854-6.
- Fama, E.F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance* 25:2, 383–417.
- Fama, E.F. & K.R. French (1989). Business conditions and expected returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics* 25:1, 23–49.
- Fleming, M.B. & R. Whaley (1995). Predicting Stock Market Volatility: Anew Measure. *Journal of Futures Markets* 15:3, 265–302.
- Fleming, M.J. & M. Remolona (1997). What Moves the Bond Market? *Economic Policy Review* 3:4, 31–50.
- Forbes, K.J. & R. Rigobon (2002). No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements. *The Journal of Finance* 57:5, 2223–2261.
- Forster, K. (2005). Stock Prices and Real Economic Activity: Empirical Results for Germany. *Deutsche Bank Research* October 14. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://www.dbresearch.de/PROD/DBR\\_INTERNET\\_EN-PROD/PROD0000000000192088.PDF](http://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD0000000000192088.PDF)>
- Galati, G., K. Tsatsaronis (2003). The impact of the Euro on Europe's financial markets. *Financial Markets, Institutions and Instruments* 12:3, 165–221.
- Gordon, M.J. (1963). Optimal Investment and Financing policy. *The Journal of Finance* 18:2, 264–272.
- Gulko, L. (2002). Decoupling. *Journal of Portfolio Management* 28:3, 59–66.
- Hull, J.C. (2009). *Options Futures and other Derivatives*. 7. painos. New Jersey: Pearson Education, Inc. 822 s. ISBN 978-0-13-601586-4.

- Jorion, P. (1995). Predicting Volatility in the Foreign Exchange Market. *The Journal of Finance* 50:2, 507–528.
- Kahra, H. & A. Kanto (1999). Aikasarjaekonometria. 79 s. julkaisematon. Saatavana World Wide Webistä: <URL:<http://mtl.uta.fi/tilasto/aikasarja09/materiaali.pdf>>
- Kelly, J.M., L.F. Martins & J.H. Carlson (1998). The Relationship between Bonds and Stocks in Emerging Countries. *Journal of Portfolio Management* 24:3, 110–122.
- Kim, S-J., F. Moshirian & E. Wu (2006). Evolution of international stock and bond market integration: Influence of the European Monetary Union. *Journal of Banking & Finance* 30:5, 1507–1534. doi:10.1016/j.bankfin.2005.05.007
- King, M.A. & S Wadhwani (1990). Transmission of Volatility between Stock Markets. *The Review of Financial Studies* 3:1, 5–33.
- Koopman, S.J., B. Jungbacker & E. Hol (2005). Forecasting daily variability of the S&P 100 stock index using historical, realized and implied volatility measurements. *Journal of Empirical Finance* 12:3, 445–475. doi:10.1016/j.jempfin.2004.04.009
- Lan, K. (2008). Characterizing the Co-Movement of the Stock and Bond Markets. Working Paper Series February 2008. Saatavana World Wide Webistä: <URL: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1100974](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1100974)>
- Latane, H.A. & R.D. Rendleman, Jr. (1976). Standard Deviation of Stock Price Ratios Implied in Option Prices. *The Journal of Finance* 31:2, 369–381.
- Levy, H., I. Guttman & I. Tkatch (2001). Regression, Correlation, and the Time Interval: Additive-Multiplicative Framework. *Management Science* 47:8, 1150–1159.

- Litner, J. (1962). Dividends, Earnings, Leverage, Stock Prices and the Supply of Capital to Corporations. *The Review of Economics and Statistics* 44:3, 243–269.
- Makrawat, T., E. Kole & D. van Dijk (2009). Contagion as a domino effect in global markets. *Journal of Banking & Finance* 33:11, 1996–2012. doi:10.1016/j.bankfin.2009.05.008
- Markowitz, H.M. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance* 7:1, 77–91.
- Markowitz, H.M. (1991). Portfolio Selection: *Efficient Diversification of Investment*. 2. painos. Cornwall: T J Press Ltd. 362 s. ISBN 1-55786-108-0.
- Miller, M. & F. Modigliani (1961). Dividend Policy, Growth and the Valuation of Shares. *Journal of Business* 34, 411–433.
- Morana, C. & A. Beltratti (2002). The effects of the introduction of the euro on the volatility of European stock markets. *Journal of Banking & Finance* 26:10, 2047–2064.
- Nelson, D.B. (1991). Conditional Heteroscedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica* 59:2, 347–370.
- Newey, W.K. & K.D. West (1987). A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *The Econometric Society* 55:3, 703–708.
- Nikkinen, J., T. Rothovius & P. Sahlström (2002). *Arvopaperisijoittaminen*. 1. painos. Helsinki: WSOY. 244 s. ISBN 951-0-26627-2.
- Niskanen, J. & M. Niskanen (2000). *Yritysrahoitus*. 1. painos. Helsinki: Oy Edita Ab. 421 s. ISBN 951-37-3162-6.
- Poon, S-E. & C.W.J. Granger (2003). Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review. *Journal of Economic Literature* 41:2, 478–539.

- Poon, S-E. & C.W.J. Granger (2005). Practical Issues in Forecasting Volatility. *Financial Analysts Journal* 61:1, 45–56.
- Taggart, R.A. (1996). *Quantitative Analysis for Investment Management*. 1.painos. New Jersey: Prentice Hall, Inc. 306 s. ISBN 0-13-319690-9.
- Taylor, S. (1986). *Modelling Financial Time Series*. 1.painos. Great Britain: John Wiley & Sons Ltd. 268 s. ISBN 0-471-90933-9.
- Williams, J.B. (1938). The Theory of Investment Value. *Harvard University Press* pp. 55–75.
- Yu, W.W., E.C.K. Lui & J.W. Wang (2009). The predictive power of the implied volatility of options traded OTC and exchanges. *Journal of Banking & Finance* 34, 1–11. doi:10.1016/j.bankfin.2009.06.017

